640

ДОКЛАДЫ

АКАДЕМИИ НАУК СССР

1957

ТОМ 117

№ 2

C. N. R. S.
- 7 MARS 1958
BIBLIOTHÈQUE

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА

B

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Согласно постановлению Президиума Академии наук СССР от 4 января 1957 года редакция принимает к рассмотрению только статьи, имеющие представление академика (см. «Правила для авторов», п. 2).

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В «Докладах Академии наук СССР» помещаются краткие сообщения, содержащие наиболее существенные результаты новых исследований в области математики, естествознания и техники.

Сообщения эти должны излагать законченные, еще не опубликованные результаты научных исследований, имеющих характер новизны — теоретической или методологической.

В «Докладах» не помещаются крупные статьи, механически разделенные на ряд отдельных сообщений, статьи полемического характера без новых фактических данных, статьи с описанием промежуточных опытов без определенных выводов и обобщений, работы непринципиальные, описательного или обзорного характера, чисто методические статьи, если предлагаемый метод не является принципиально новым, а также статьи по систематике растений и животных, за исключением описания особо интересных для науки находок.

Редакция оставляет за собой право отклонять серийные статьи, в которых приводятся новые факты в одной и той же научной области, если методика работы и метод обработки результатов эксперимента уже описаны в ранее опубликованных статьях.

2. Статьи всех авторов, кроме членов-корреспондентов Академии наук СССР и академиков академий наук союзных республик, печатаются в «Докладах» по представлению академиков АН СССР. Статьи, не имеющие представления, редакцией не принимаются к рассмотрению.

Редакция просит академиков при представлении статьи указывать дату получения ее от автора, а также научный раздел, в котором статья должна быть помещена.

3. В год разрешается опубликовать:
академикам АН СССР . . . 8 статей,
членам-корреспондентам АН СССР и академикам академий наук союзных республик . . . . . 6 статей,
остальным авторам . . . . 3 статьи.

4. «Доклады» помещают статьи, занимающие не более четырех печатных страниц, включая рисунки. Число рисунков не должно превышать четырех.

5. В конце статьи должны быть указаны полный адрес и номер телефона автора.

6. Сообщения о результатах работ, проведенных в научных учреждениях, должны иметь разрешение дирекции научного учреждения на опубликование статьи.

7. Статьи должны быть написаны на машинке через два интервала на одной стороне листа и представляться в двух экземплярах. Формулы должны быть вписаны четко.

8. Цитируемая в статье литература должна даваться автором не в виде подстрочных сносок, а общим списком в конце статьи с обозначением ссылки в тексте порядковой цифрой. Список литературы должен быть оформлен следующим образом:

а) для книг: инициалы и фамилия автора, полное название книги, номер тома, место и год издания;

б) для журнальных статей: инициалы и фамилия автора, название журнала номер

(Окончание см. на 3 стр. обложки)

11 ноября

ДОКЛАДЫ

АКАДЕМИИ НАУК СССР

ВЫХОДЯТ ТРИ РАЗА В МЕСЯЦ

Редакционная коллегия: акад. **Л. А. Арцимович**, акад. **А. Г. Бетехтин**, акад. **С. А. Векшинский**, акад. **А. Н. Колмогоров** (зам. главного редактора), акад. **А. Л. Курсанов**, акад. **С. А. Лебедев**, акад. **А. И. Опарин** (главный редактор), акад. **Е. Н. Павловский**, акад. **Л. И. Седов**, акад. **Н. М. Страхов**, акад. **А. Н. Фрумкин** (зам. главного редактора)

25-й ГОД ИЗДАНИЯ

1957

ТОМ 117, № 2

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Стр.

Г. П. Башарин. Об использовании критерия согласия χ^2 в качестве критерия независимости испытаний 167
Ю. П. Гинзбург. О J-нерастягивающих оператор-функциях 171
А. И. Жуков. О сходности решения разностного уравнения к решению дифференциального уравнения 174
С. Е. Карапетян. Поверхность второго порядка Ли для линейчатых поверхностей конгруенции 177
М. А. Красносельский. О периодических решениях в окрестности особой точки динамической системы 180
В. А. Плисс. Исследование одной нелинейной системы трех дифференциальных уравнений 184
И. Д. Ступина. О свойствах δs-операций 188
В. М. Тихомиров. Об ε-энтропии некоторых классов аналитических функций 191
Чжоу Юй-линь. Краевые задачи для нелинейных параболических уравнений 195

ГИДРОМЕХАНИКА

А. Г. Куликовский. Об обтекании намагниченных тел проводящей жидкостью 199

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

И. И. Ворович. О существовании решений в нелинейной теории оболочек 203

АСТРОНОМИЯ

М. Г. Каримов и В. Г. Курт. Исследование контуров корональных линий 10747 и 10798 Å 207

ФИЗИКА

В. И. Беспалов. К вопросу о флуктуациях параметров некоторых линейный систем 209
М. А. Кривоглаз. Термодинамика почти полностью упорядоченных твердых растворов 213

ГЕОФИЗИКА

Стр.

Д. А. Дрогайцев. Прогноз осадков на целинных землях Западной Сибири и Казахстана 217

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Ю. А. Голомолзина, И. И. Новиков и И. Л. Рогельберг. О задержке рекристаллизации обработки в тонкой алюминиевой фольге 221

ХИМИЯ

А. Д. Гельман и М. П. Мефодьева. К вопросу о получении трехвалентного нептуния 225

Р. П. Евстигнеева, Ю. Брайер и Н. А. Преображенский. Синтез алкалоида эметамина 227

Ч. П. Иванов и Б. В. Алексиев. О диазотировании 2-*n*-аминоарилиндонов. Получение азокрасителей, содержащих инденовый цикл 230

Вл. Кабаиванов и М. Михайлов. О получении ацетонциангидрина (α-оксиизобутиронитрила) из ацетона и цианистого натрия 234

И. К. Коробицына, И. Г. Жукова, В. В. Воронкова и Ю. К. Юрьев. Синтез 4-окси-2,2,5,5-тетраалкилфуранидонов-3 восстановлением 4-изонитрозо-2,2,5,5-тетраалкилфуранидонов-3 237

Н. К. Кочетков, Э. Е. Нифантьев и В. Н. Шибаев. Синтез ацетил-2-хлорциклоалленов 241

Н. С. Наметкин, А. В. Топчиев и Л. С. Поваров. Получение соединений с силтианоуглеродными звеньями 245

А. Н. Несмеянов и О. В. Ногина. Взаимодействие диалкоксититаноксидов с тетраалкоксисиланами 249

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

В. П. Батраков. Электрохимические принципы защиты металлов в сильных окислителях 252

Г. М. Жаброва, М. Д. Синицына и С. З. Рогонский. Применение эманационного метода к исследованию катализаторов. Топохимическое разложение карбонатов и гидроокисей магния и цикла 255

Н. П. Кейер и Л. Н. Куцева. Исследование химической адсорбции на твердых растворах закиси никеля 259

С. М. Скуратов, А. А. Стрепихеев, С. М. Штехер и А. В. Волохина. Об энтальпии полимеризации циклических формалей 263

БИОХИМИЯ

Г. П. Торопова. Окислительный ресинтез аденозинтрифосфорной кислоты печени облученных крыс 266

ГЕОЛОГИЯ

А. И. Архангельский. Тектоническое районирование области мезо-кайнозойского угленакопления в Западном Приамурье 271

И. Е. Постникова, А. И. Ляшенко и Л. Н. Ефремова. К стратиграфии среднедевонских отложений Шкаповского нефтяного месторождения . . . 275

Р. О. Хачатрян. К тектонике и палеозойской истории развития восточной части Средневолжского свода 279

С. М. Шик. О самостоятельности Московского оледенения 283

ПЕТРОГРАФИЯ

М. Н. Доброхотов. О плагиогранитах, прорывающих криворожскую серию в Кременчугском районе 287

А. У. Литвиненко. О размывах рудных пластов Керченского месторождения 291

В. Г. Махлаев. О раздоломиченных породах в данково-лебедянских слоях 294

В. П. Флоренский, Т. А. Лапинская и В. С. Князев. Докембрийские кристаллические породы Татарского свода 298

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

П. И. Дорофеев. О верхнеплейстоценовой флоре с. Дречалуки в Белоруссии 303

А. Б. Маслов. О новом представителе семейства Ethmophyllidae Okulitch, 1943 из кембрия Читинской области с сохранившимся внутренним органом 307

И. Г. Пронина. Новый представитель десмостилид Kronokotherium brevimaxillare gen. nov. sp. nov. из миоценовых отложений на Камчатке 310

ИТОЛОГИЯ *Стр.*

Н. А. Богомолова. Цитохимическое исследование мирацидия Fasciola hepatica L. 313

ИСТОЛОГИЯ

В. Ф. Пчеляков. Культивирование тканей роговицы глаза в организме . 317

ИДРОБИОЛОГИЯ

А. К. Гейнрих. Вертикальное распределение планктона в районе к юго-востоку от Бонинских островов 321
Е. Ф. Мануйлова. К вопросу о динамике зоопланктона в озерах и водохранилищах 325

ОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Н. А. Соловьева. О формировании и развитии бекманнии обыкновенной (Beckmannia eruciformis (L.) Host.) при семенном возобновлении в условиях поймы 329

ИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

С. Я. Краевой и Б. И. Еськин. О возможных причинах поливалентного роста дуба черешчатого 333
К. Е. Овчаров. Экспериментальный гипервитаминоз у растений 337

ИТОПАТОЛОГИЯ

В. Л. Рыжков и Н. А. Терехова. О мукополисахариде в листьях Abutilon sp. 341

ООЛОГИЯ

С. К. Клумов. Учет береговых лежбищ сивучей (Eumetopias jubatus) на Курильских островах и ориентировочное определение их численности 345

КСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

Ю. С. Ченцов. Экспериментально-гистологическое изучение индуцированных мышечных опухолей 349

CONTENTS

ATHEMATICS *Pages*

G. P. Basharin. The use of goodness-of-fit-criterion as a test for the independence of events 167
Yu. P. Ginzburg. J-Non-stretching operator functions 171
A. I. Zhukov. The convergence of a solution of a difference equation to a solution of a differential equation 174
S. E. Karapetian. Second order Lie surface for ruled surfaces of congruence 177
M. A. Krasnoselsky. Periodical solutions in the neighbourhood of a singular point of a dynamical system 180
V. A. Pliss. An investigation of a non-linear system of three differential equations 184
I. D. Stupina. Properties of some δs-operations 188
V. M. Tikhomirov. On the ε-entropy of some classes of analytical functions 191
Jou Yuh-lin. Boundary valued problems of non-linear parabolic equations . 195

LUID MECHANICS

A. G. Kulikovsky. Flow of conducting liquid past magnetized bodies . . 199

HEORY OF ELASTICITY

I. I. Vorovich. On the existence of solutions in the non-linear theory of shells 203

ASTRONOMY Pag

M. G. Karimov and **V. G. Kurt.** Investigation of coronal line profiles at 10747 Å and 10798 Å 2

PHYSICS

V. I. Bespalov. On the fluctuations of parameters in some linear systems . 2
M. A. Krivoglaz. The thermodynamics of almost completely ordered solid solutions 2

GEOPHYSICS

D. A. Drogaitsev. Forecasting precipitations on the virgin soils of West Siberia and Kazakhstan 2

TECHNICAL PHYSICS

Yu. A. Golomolzina, I. I. Novikov and **I. L. Rogelberg.** The delay of recrystallization in a thin aluminium foil on processing 2

CHEMISTRY

A. D. Gelman and **M. P. Mefodieva.** The problem of production of trivalent neptunium 2
R. P. Evstigneeva, Yu. Breier and **N. A. Preobrazhensky.** The synthetic production of emetamine, an alkaloid from the root of Cephaelis ipecacuanha 2
Ch. P. Ivanov and **B. V. Alexiev.** Diazotization of 2-*p*-aminoarilindones. Production of azodyes containing the indene cycle 2
V. L. Kabaivanov and **M. Michailov.** The production of acetone cyanhydrin (α-oxyisobutyronitryl) from acetone and sodium cyanide 2
I. K. Korobitsyna, I. G. Zhukova, V. V. Voronkova and **Yu. K. Yuriev.** The synthesis of 4-oxy-2,2,5,5-tetraalkylfuranidones-3 by the reduction of 4-isonitroso-2,2,5,5-tetraalkylfuranidones-3 2
N. K. Kochetkov, E. E. Nifantiev and **V. N. Shibaev.** The synthesis of acetyl-2-chlorocycloalkenes 2
N. S. Nametkin, A. V. Topchiev and **L. S. Povarov.** Production of compounds with silthianocarbon links 2
A. N. Nesmeianov and **O. V. Nogina.** The interaction of dialkoxytitanoxides with tetraalkoxysilanes 2

PHYSICAL CHEMISTRY

V. P. Batrakov. Electrochemical principles of metal protection in strong oxidizers 2
G. M. Zhabrova, M. D. Sinitsyna and **S. Z. Roginsky.** The use of the emanation method in studying catalysts. Topochemical decomposition of magnesium and zinc carbonates and hydroxides 2
N. P. Keier and **L. N. Kutseva.** A study of chemical adsorption on solid solutions of nickel protoxide 2
S. M. Skuratov, A. A. Strepikheev, S. M. Stecher and **A. V. Volokhina.** The enthalpy of the polymerization of cyclic formals 2

BIOCHEMISTRY

G. P. Toropova. Oxidation resynthesis of adenosintriphosphoric acid in the liver of irradiated rats 2

GEOLOGY

A. I. Arkhangelsky. Tectonic subdivision of the province of meso-cenozoic coal accumulation in the Western Near-Amur region 2
I. E. Postnikova, A. I. Liashenko and **L. N. Efremova.** The stratigraphy of Middle Devonian beds in the Shkapov oil deposits 2
R. O. Khachatrian. On the tectonic geology and paleozoic development history of the eastern part of the Middle-Volga vault 2
S. M. Shik. On the autonomy of the Moscow glaciation 2

PETROGRAPHY

M. N. Dobrokhotov. On plagiogranites that break the Krivoy Rog series within the Kremenchug region 2
A. U. Litvinenko. On wash faults of the ore-beds of the Kerch deposit . 2
V. G. Makhlaev. On dedolomitised rocks in Dankovo-Lebedian beds . . . 2
V. P. Florensky, T. A. Lapinskaia and **V. S. Kniazev.** Pre-Cambrian crystalline rocks of the Tatar vault 2

PALAEONTOLOGY . . . . . *Pages*

P. I. Dorofeev. On the Upper Pleistocene flora of Drechaluki-village in Byelorussia 303

A. B. Maslov. On a new representative of the Ethmophyllidae Okulitch, 1943 family from the Cambrian of the Chita province, with a preserved internal organ 307

I. G. Pronina. A new representative of Desmostylides Kronokotherium brevimaxillare gen. nov., sp. nov. from Miocene deposits at the Kamchatka Peninsula 310

CYTOLOGY

N. A. Bogomolova. Cytochemical examination of the myracidium Fasciola hepatica L. 313

HISTOLOGY

V. F. Pcheliakov. Cultivation of cornea tissues by the method of implantation 317

HYDROBIOLOGY . . . . . .

A. K. Heinrich. Vertical plankton distribution in the region south-east of the Bonin islands 321

E. F. Manuylova. On the problem of zooplankton variation in lakes and artificial water reservoirs 325

PLANT MORPHOLOGY . . . . . .

N. A. Solovieva. On the formation and development of Beckmannia eruciformis (L.) Host. reproduced by seed under conditions of a flood plain 329

PLANT PHYSIOLOGY

S. J. Kraevoy and **B. I. Eskin.** On the possible causes of polyvalent growth in Quercus robur L. 333

K. E. Ovcharov. Experimental hypervitaminosis in plants 337

PHYTOPATHOLOGY

V. L. Ryzkov and **N. A. Terekhova.** The mucopolysaccharides in the leaves of Abutilon sp. 341

ZOOLOGY

S. K. Klumov. The registration of the coastal lying places of Eumetopias jubatus at the Kuril islands, and a tentative determination of their number 345

EXPERIMENTAL MORPHOLOGY

Yu. S. Chentsov. Experimental-histological investigation of induced muscular tumors 349

Т-10597 Подписано к печати 20/XII-1957 г. Тираж 5900 экз. Заказ 3404
Формат бумаги 70×108 1/16. Бум. л. 6 Печ. л. 16,44+4 вклейки. Уч.-изд. л. 16,5
2-я типография Издательства Академии наук СССР. Москва, Шубинский пер., 10

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

МАТЕМАТИКА

Г. П. БАШАРИН

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КРИТЕРИЯ СОГЛАСИЯ χ^2 В КАЧЕСТВЕ КРИТЕРИЯ НЕЗАВИСИМОСТИ ИСПЫТАНИЙ

(*Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 30 V 1957*)

1. Пусть случайный вектор $\vec{\xi} = (\xi_1, \ldots, \xi_s)$ имеет собственное нормальное распределение со средним значением $\vec{0} = (0, \ldots, 0)$ и матрицей вторых моментов Λ. Тогда функция

$$f(\vec{\xi}) = \frac{1}{(2\pi)^{s/2}\sqrt{\det \Lambda}} \exp\{-1/2\,\vec{\xi}\Lambda^{-1}\vec{\xi}'\} \qquad (1)$$

(штрих означает транспонирование) есть плотность вероятности в R_s, а квадратичная форма $\vec{\xi}\Lambda^{-1}\vec{\xi}'$ имеет распределение χ^2 с s степенями свободы ([6], гл. 24).

2*. Рассмотрим систему с конечным числом состояний A_i ($i = 1, \ldots, s$). Обозначим частоту состояния A_i в последовательности из N испытаний через m_i, а частоту перехода от состояния A_i к состоянию A_j, т. е. число серий A_iA_j, через m_{ij} ($i, j = 1, \ldots, s$). При статистическом анализе случайных чисел и в некоторых других случаях представляет интерес проверка простой гипотезы H_0, согласно которой испытания независимы, а все состояния равновероятны, по отношению к сложной гипотезе, согласно которой испытания связаны в простую цепь Маркова (гипотеза H_1).

Предельная матрица вторых моментов нормированных величин $x_{ij} = \sqrt{\frac{s^2}{N}}\left(m_{ij} - \frac{N}{s^2}\right)$ ($i, j = 1, \ldots, s$) имеет вид

$$M = \left\| \delta_{ij}^{uv} + \frac{1}{s}\left(\delta_j^u + \delta_v^i\right) - \frac{3}{s^2} \right\| \quad (i, j, u, v = 1, \ldots, s), \qquad (2)$$

где $\delta_{ij}^{uv} = \delta_i^u \delta_j^v$; $\delta_i^u = 1$, $i = u$; $\delta_i^u = 0$, $i \neq u$.

Матрица M имеет ранг $s^2 - s$. Выбрасывая из матрицы M последние s строк и s столбцов, получим невырожденную матрицу $\tilde{M}$ ($i, u = 1, \ldots, s-1$; $j, v = 1, \ldots, s$). Можно показать, что $\det \tilde{M} = 1/s^s$ и что**

$$\tilde{M}^{-1} = \left\| \delta_{ij}^{uv} + \frac{s-1}{s}\delta_i^u + \delta_j^v + \delta_j^s + \delta_v^s - \delta_v^i - \delta_j^u + \frac{s-1}{s} \right\| \qquad (3)$$

$$(i, u = 1, \ldots, s-1; j, v = 1, \ldots, s).$$

---

* Результаты, изложенные в п. 2, были доложены на заседании научно-исследовательского семинара кафедры теории вероятностей МГУ в декабре 1955 г., а результаты п. 3 — в июне 1954 г.

** В резюме моего доклада, опубликованном в журнале «Теория вероятностей и ее применения», 2, 141 (1957), в этой формуле, а также в формулах (6) — (9) допущены опечатки.

Чтобы проверить формулу (3), достаточно перемножить M и $\tilde{M}^{-1}$. Квадратичная форма случайных переменных x_{ij} $(i=1,\ldots,s-1;\ j=1,\ldots,s)$ с матрицей (3) имеет предельное распределение χ^2 с s^2-s степенями свободы и после несложных упрощений приводится к виду

$$\frac{s^2}{N}\sum_{i,j=1}^{s}\left(m_{ij}-\frac{N}{s^2}\right)^2-\frac{s}{N}\sum_{i=1}^{s}\left(m_i-\frac{N}{s}\right)^2=\psi_2^2-\psi_1^2. \tag{4}$$

Случайные переменные x_{ij} $(i=1,\ldots,s-1;\ j=1,\ldots,s)$ имеют предельное невырожденное нормальное распределение с плотностью вероятности

$$f(\|x_{ij}\|)\sim\frac{s^{s/2}}{(2\pi)^{(s^2-s)/2}}\exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\psi_2^2-\psi_1^2\right)\right\}. \tag{5}$$

Поскольку логарифм отношения правдоподобия в рассматриваемом случае пропорционален $\psi_2^2-\psi_1^2$, то наилучшая критическая область гипотезы H_0' по отношению к H_1 определяется из условия $\psi_2^2-\psi_1^2\geqslant c$, где c — константа уровня.

3. В 1939 г. Кендалл и Смит [5] предложили использовать критерий гипотезы H_0', основанный на статистике

$$\psi_2^2=\frac{s^2}{N}\sum_{i,j=1}^{s}\left(m_{ij}-\frac{N}{s^2}\right)^2, \tag{6}$$

ошибочно предполагая, что эта статистика имеет распределение χ^2 с s^2-s степенями свободы. В журнальной литературе на эту ошибку впервые указал в 1953 г. Гуд [2], рассмотревший критерий гипотезы H_0' по отношению к сложной цепи Маркова, но только для простого числа состояний s. Для этого случая Гуд получил при помощи дискретного преобразования Фурье статистики, имеющие предельное распределение χ^2. Попытки распространить метод Гуда на случай составного s к успеху не привели.

Поскольку статистика (6) длительное время использовалась для практических целей, то представляет интерес получить ее распределение не только для гипотезы H_0', но и для гипотезы $H_0=(p_1,p_2,\ldots,p_s)$. Предельная матрица вторых моментов нормированных величин $y_{ij}=\dfrac{m_{ij}-Np_ip_j}{\sqrt{Np_ip_j}}$ $(i,j=1,\ldots,s)$ имеет вид

$$M=\|\delta_{ij}^{uv}+\sqrt{p_ip_v}\,\delta_j^u+\sqrt{p_up_j}\,\delta_v^i-3\sqrt{p_ip_jp_up_v}\,\| \quad (i,j,u,v=1,\ldots,s). \tag{7}$$

Можно показать, что s характеристических чисел матрицы (7) равны 0; $(s-1)^2$ равны 1 и $s-1$ равны 2. Так как (7) есть матрица вторых моментов предельного нормального распределения величин y_{ij} $(i,j=1,\ldots,s)$, то отсюда следует ([6], гл. 24.5), что при $N\to\infty$ выборочное распределение статистики $\sum\limits_{i,j=1}^{s}\dfrac{(m_{ij}-Np_ip_j)^2}{Np_ip_j}$ сходится к распределению суммы независимых случайных величин $\chi^2_{(s-1)^2}+2\chi^2_{s-1}$, где χ^2_m — случайная величина с распределением χ^2 с m степенями свободы.

4. Если с гипотезой H_0 конкурирует сложная гипотеза, согласно которой испытания связаны в однородную цепь Маркова порядка $\nu-1$, то метод, основанный на отношении правдоподобия, приводит к статистикам, являющимся функциями частот серий длины ν в исходной выборке длины N ([1,3,4,7]). Так как для того, чтобы можно

ыло пользоваться предельными распределениями, объем выборки олжен быть величиной порядка $10\ s^\nu$, то возможность применения казанных статистик очень быстро уменьшается с ростом s и, в осо-енности, с ростом ν. В связи с этим возникает необходимость в ис-ользовании статистик, зависящих только от частот некоторых серий. качестве примера приведем статистику, являющуюся функцией ча-тот s серий длины ν, состоящих из одинаковых состояний, и име-щую предельное распределение χ^2_s, если верна гипотеза H_0'.

Предельная матрица вторых моментов нормированных частот $\sqrt{\frac{s^\nu}{N}}\left(m_{i_1 i_2 \ldots i_\nu} - \frac{N}{s^\nu}\right)$ имеет вид

$$\left\| \delta^{j_1 \ldots j_\nu}_{i_1 \ldots i_\nu} + \sum_{k=1}^{\nu-1} \frac{1}{s^k} \left(\delta^{j_1 \ldots j_{\nu-k}}_{i_{k+1} \ldots i_\nu} + \delta^{i_1 \ldots i_{\nu-k}}_{j_{k+1} \ldots j_\nu} \right) - \frac{2\nu - 1}{s^\nu} \right\|, \tag{8}$$

$$i_1, \ldots, i_\nu,\ j_1, \ldots, j_\nu = 1, \ldots, s; \quad \nu \geqslant 1.$$

Поэтому предельная матрица вторых моментов s нормированных астот $\sqrt{\frac{s^\nu}{N}}\left(m_{i \ldots i} - \frac{N}{s^\nu}\right)$ имеет вид

$$M_s = \left\| c_\nu \delta^j_i - \frac{2\nu - 1}{s^\nu} \right\|, \quad i, j = 1, \ldots, s; \qquad c_\nu = \frac{s^\nu + s^{\nu-1} - 2}{(s-1)\, s^{\nu-1}}; \qquad \nu \geqslant 1. \tag{9}$$

Обращая матрицу (9) при $\nu \geqslant 2$, получим

$$M_s^{-1} = \frac{1}{c_\nu} \| \delta^j_i + d_\nu \|, \quad i, j = 1, \ldots, s; \qquad d_\nu = \frac{2\nu - 1}{\frac{s}{s-1}(s^\nu + s^{\nu-1} - 2) - s(2\nu - 1)}. \tag{10}$$

Отсюда следует, что квадратичная форма случайных переменных $\sqrt{\frac{s^\nu}{N}}\left(m_{i \ldots i} - \frac{N}{s^\nu}\right)$ с матрицей (10), имеющая предельное распределение χ^2_{s-s}, записывается в виде

$$\frac{1}{c^\nu} \frac{s^\nu}{N} \left\{ \sum_{i=1}^{s} \left(m_{i \ldots i} - \frac{N}{s^\nu} \right)^2 + d_\nu \left(\sum_{i=1}^{s} m_{i \ldots i} - \frac{N}{s^{\nu-1}} \right)^2 \right\}. \tag{11}$$

В случае $\nu = 2$ можно построить аналогичную статистику для проверки гипотезы H_0. В этом случае

$$M_2 = \| (1 + 2p_i)\, \delta^j_i - 3 p_i p_j \|, \quad i, j = 1, \ldots, s.$$

Можно показать, что

$$M_2^{-1} = \left\| \frac{1}{1 + 2p_i} \delta^j_i + \frac{3}{1 - 3 \sum_{i=1}^{s} \frac{p_i^2}{1 + 2p_i}} \frac{p_i}{1 + 2p_i} \frac{p_j}{1 + 2p_j} \right\|; \quad i, j = 1, \ldots, s. \tag{12}$$

Квадратичная форма переменных $\frac{m_{ii} - N p_i^2}{\sqrt{N} p_i}$ $(i = 1, \ldots, s)$ с матрицей (12), имеющая при $N \to \infty$ предельное распределение χ^2_s, записывается в виде

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{s} \frac{(m_{ii} - N p_i^2)^2}{p_i^2 (1 + 2p_i)} + \frac{3}{\left(1 - 3 \sum_{i=1}^{s} \frac{p_i^2}{1 + 2p_i}\right) N} \left[\sum_{i=1}^{s} \frac{m_{ii} - N p_i^2}{1 + 2p_i} \right]^2. \tag{13}$$

5. Пусть в квадратный ящик Q, состоящий из $s \times s$ квадратных ячеек, бросается последовательно s дробинок. После того как в ячей-

ку (i, j) попала дробинка, следующая дробинка может с одинаковой вероятностью попасть в любую из оставшихся ячеек, кроме тех ячеек, которые расположены в строке i и столбце j квадрата Q. Результат серии из s бросаний может быть представлен в виде подстановочной матрицы A_μ, результат N независимых серий — в виде матрицы W

$$W = \sum_{\mu=1}^{N} A_\mu = \| m_{ij} \| \quad (i, j = 1, \ldots, s); \qquad \sum_{j=1}^{s} m_{ij} = \sum_{i=1}^{s} m_{ij} = N. \tag{14}$$

Можно показать, что при $N \to \infty$ случайные переменные $z_{ij} = \sqrt{\frac{s}{N}}\left(m_{ij} - \frac{N}{s}\right)$ $(i, j = 1, \ldots, s)$ имеют предельное нормальное распределение ранга $(s-1)^2$ с матрицей вторых моментов

$$M = \frac{1}{s^2(s-1)} \| s^2 \delta_{ij}^{uv} - s(\delta_i^u + \delta_j^v) + 1 \|, \quad i, j, u, v = 1, \ldots, s. \tag{15}$$

Случайные переменные z_{ij} $(i, j = 1, \ldots, s-1)$ имеют предельно невырожденное нормальное распределение с матрицей вторых моментов, которая в клеточной записи имеет вид

$$\tilde{M} = \frac{1}{s^2(s-1)} \left\{ s^2 \begin{pmatrix} E_{s-1} \ldots 0 \\ \cdot \quad\quad \cdot \\ \cdot \quad\quad \cdot \\ \cdot \quad\quad \cdot \\ 0 \ldots E_{s-1} \end{pmatrix} - s \begin{pmatrix} E_{s-1} \ldots E_{s-1} \\ \cdot \quad\quad \cdot \\ \cdot \quad\quad \cdot \\ \cdot \quad\quad \cdot \\ E_{s-1} \ldots E_{s-1} \end{pmatrix} - s \begin{pmatrix} c_{s-1} \ldots 0 \\ \cdot \quad\quad \cdot \\ \cdot \quad\quad \cdot \\ \cdot \quad\quad \cdot \\ 0 \ldots c_{s-1} \end{pmatrix} + \right.$$

$$\left. + \begin{pmatrix} c_{s-1} \ldots c_{s-1} \\ \cdot \quad\quad \cdot \\ \cdot \quad\quad \cdot \\ \cdot \quad\quad \cdot \\ c_{s-1} \ldots c_{s-1} \end{pmatrix} \right\}, \tag{16}$$

где E_{s-1} — единичная матрица порядка $s-1$; c_{s-1} — матрица порядка $s-1$, все элементы которой равны 1. Можно показать, что $\det \tilde{M} = \frac{1}{s^{2(s-1)}(s-1)^{(s-1)}}$ и что квадратичная форма переменных z_{ij} $(i, j = 1 \ldots, s-1)$ с матрицей $\tilde{M}^{-1}$ приводится к виду

$$\frac{s-1}{N} \sum_{i,j=1}^{s} \left(m_{ij} - \frac{N}{s}\right)^2. \tag{17}$$

Согласно п. 1 эта квадратичная форма имеет предельное распределение $\chi^2_{(s-1)^2}$, а функция

$$f(\| z_{ij} \|) \sim \frac{s^{s-1}(s-1)^{(s-1)^2/2}}{(2\pi)^{(s-1)^2/2}} \exp\left\{ -\frac{1}{2} \frac{s-1}{N} \sum_{i,j=1}^{s} \left(m_{ij} - \frac{N}{s}\right)^2 \right\} \tag{18}$$

есть предельная плотность вероятности переменных z_{ij} $(i, j = 1, \ldots, s-1)$. Формула (17) может быть использована для статистических целей.

В заключение выражаю глубокую благодарность моему научному руководителю проф. В. Я. Козлову, а также акад. А. Н. Колмогорову и Б. А. Севастьянову за ценные советы.

Поступило
25 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] M. S. Bartlett, Proc. Cambr. Phil. Soc., **1**, 86 (1951). [2] I. J. Good, Proc. Cambr. Phil. Soc., **49**, 2765 (1935). [3] I. J. Good, Biometrika, **42**, 531 (1955). [4] P. Hoel, Biometrica, **41**, 430 (1954). [5] M. G. Kendall, B. Babington Smith, J. Roy. Stat. Soc., suppl. 6, 51 (1939). [6] Г. Крамер, Математические методы статистики, М., 1948. [7] Н. В. Смирнов, Вестн. ЛГУ, № 11 (1955).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

МАТЕМАТИКА

Ю. П. ГИНЗБУРГ

О J-НЕРАСТЯГИВАЮЩИХ ОПЕРАТОР-ФУНКЦИЯХ

(Представлено академиком С. Л. Соболевым 31 V 1957)

1. Пусть L_+ и L_- — взаимно-ортогональные дополнительные подпространства гильбертова пространства H. Одно из этих подпространств, в частности, может быть нулевым. Рассмотрим оператор $J = E_+ - E_-$, где E_+ — проектор на L_+, E_- — проектор на L_-. Если (f, g) — скалярное произведение в H, то введем в H невырожденную индефинитную метрику при помощи «скалярного произведения» $[f, g] = (Jf, g)$.

Будем рассматривать линейные ограниченные операторы в H. Оператор U назовем J-унитарным, если он имеет обратный в H и для любых f, g из H $[Uf, Ug] = [f, g]$ (что эквивалентно равенству $U^*JU = J$). Оператор Y назовем J-нерастягивающим, если $[Yf, Yf] \leqslant [f, f]$. Будем говорить, что оператор Y является двусторонним J-нерастягивающим, если нерастягивающими являются Y и Y^* (что эквивалентно одновременному выполнению неравенств $Y^*JY \leqslant J$, $YJY^* \leqslant J$). Существуют J-нерастягивающие операторы, не являющиеся двусторонними J-нерастягивающими. Можно показать, что для того, чтобы J-нерастягивающий оператор Y был двусторонним J-нерастягивающим, достаточно выполнение одного из следующих трех условий: 1) $\dim L_- < \infty$, в частности $\dim H < \infty$; 2) $\dim L_+ < \infty$ и существование Y^{-1}; 3) Y — оператор фредгольмовского типа, т. е. $Y = I - T$, где T — вполне непрерывный оператор.

Для дальнейшего существенное значение имеют следующие две теоремы:

Теорема 1. *Преобразование*

$$X = (E_+Y - E_-)(E_+ - E_-Y)^{-1} \tag{1}$$

устанавливает взаимно-однозначное соответствие между множеством всех двусторонних J-нерастягивающих операторов Y и некоторым подмножеством множества нерастягивающих операторов X, $\| X \| \leqslant 1$.

Отсюда следует, что всякий двусторонний J-нерастягивающий оператор Y допускает представление

$$Y = (E_+X - E_-)(E_+ - E_-X)^{-1}, \tag{2}$$

где $\| X \| \leqslant 1$.

Теорема 2. *Для того чтобы двусторонний J-нерастягивающий оператор Y допускал полярное представление*

$$Y = UR, \tag{3}$$

где U — J-унитарный, «модуль» R — оператор с неотрицательным спектром такой, что JR — самосопряженный, достаточно выполнение одного из следующих двух условий: 1) *существование* Y^{-1};

2) *Y — оператор фредгольмовского типа. При этом R по Y определяется однозначно. В случае* 1) *и $\mathfrak{U}$ определялся однозначно.*

2) Мы будем говорить, что оператор-функция $Y(\zeta)$ принадлежит классу $(\mathfrak{K}_J)$, если: а) $Y(\zeta)$ голоморфна внутри единичного круга за исключением, быть может, счетного множества точек; б) найдется такая точка ζ_0, $|\zeta_0|<1$, что $Y^{-1}(\zeta_0)$ существует и $J-Y^*(\zeta_0)JY(\zeta_0)$ является вполне непрерывным оператором; в) $Y(\zeta)$ — двусторонний J-нерастягивающий оператор, если ζ — точка голоморфности $Y(\zeta)$.

Важность оператор-функций класса $(\mathfrak{K}_J)$ для исследования неэрмитовых и неунитарных операторов выяснена М. С. Лившицем ([1,2]) и М. С. Бродским ([3]). В. П. Потапов ([4]) произвел детальное исследование функций этого класса для случая $\dim H<\infty$.

Нам удалось, следуя в общих чертах пути В. П. Потапова, получить некоторые результаты для случая бесконечномерного H.

3. При помощи представлений (2) и (3) доказывается, что $Y(\zeta)\in(\mathfrak{K}_J)$ имеет вид

$$Y(\zeta)=\mathfrak{U}\tilde{Y}(\zeta),$$

где $\mathfrak{U}$ — постоянный J-унитарный оператор, а $\tilde{Y}(\zeta)$ — оператор фредгольмовского типа в каждой точке голоморфности $Y(\zeta)$. Если подвергнуть теперь $\tilde{Y}(\zeta)$ преобразованию (1) и изучить полученную функцию $\tilde{X}(\zeta)$, то может быть установлена теорема 3.

Теорема 3. *Если $Y(\zeta)\in(\mathfrak{K}_J)$, то $Y(\zeta)$, $Y^{-1}(\zeta)$ голоморфны внутри единичного круга, за исключением, быть может, изолированного внутри единичного круга множества, в точках которого $Y(\zeta)$, $Y^{-1}(\zeta)$ имеют полюса. При этом старший коэффициент ряда Лорана в окрестности полюса является конечномерным оператором.*

Введем элементарные множители первого рода

$$b^{(\mathrm{I})}(\zeta)=\mathfrak{U}^{-1}\left(\frac{\zeta_0'-\zeta}{1-\bar{\zeta}_0'\zeta}\frac{|\zeta_0'|}{\zeta_0'}P+P^{\perp}\right)\mathfrak{U}$$

и второго рода

$$b^{(\mathrm{II})}(\zeta)=\mathfrak{V}^{-1}\left(\frac{1-\bar{\zeta}_0''\zeta}{\zeta_0''-\zeta}\frac{\zeta_0''}{|\zeta_0''|}Q+Q^{\perp}\right)\mathfrak{V},$$

где $|\zeta_0'|<1$, $|\zeta_0''|<1$; $\mathfrak{A}$ и $\mathfrak{V}$ — J-унитарные операторы; P и Q — конечномерные проекторы такие, что $P\leqslant E_+$, $Q\leqslant E_-$; $P^{\perp}$ и $Q^{\perp}$ — ортогональные дополнения.

Если ζ_0'' — полюс $Y(\zeta)$ кратности m, то можно подобрать так $\mathfrak{V}$ и Q, чтобы $Y_1(\zeta)=Y(\zeta)b^{(\mathrm{II})-1}(\zeta)$ имела в ζ_0'' полюс кратности меньшей чем m, и при этом $Y_1(\zeta)\in(\mathfrak{K}_J)$. Аналогичное предложение справедливо для полюсов ζ_0' функции $Y^{-1}(\zeta)$. Доказательство основано на переходе от $Y(\zeta)$ при помощи (1) к функции $X(\zeta)$, $\|X(\zeta)\|\leqslant 1$, и на применении к $X(\zeta)$ обобщения леммы Шварца, полученного В. П. Потаповым для конечномерных матриц-функций и справедливого для рассматриваемого класса операторов.

4. Определим класс $(\mathfrak{K}_J^s)$, состоящий из тех оператор-функций $Y(\zeta)\in(\mathfrak{K}_J)$, для каждой из которых существует такая точка ζ_0 в единичном круге, что

$$\operatorname{sp}\{J-Y^*(\zeta_0)JY(\zeta_0)\}<\infty.$$

Теорема 4. *Если $Y(\zeta)\in(\mathfrak{K}_J^s)$, то бесконечные произведения* („*произведения Бляшке*“)

$$\mathfrak{B}^{(\mathrm{I})}(\zeta)=\prod_{k=1}^{\infty}b_k^{(\mathrm{I})}(\zeta),\quad \mathfrak{B}^{(\mathrm{II})}(\zeta)=\prod_{k=1}^{\infty}b_k^{(\mathrm{II})}(\zeta), \tag{4}$$

составленные соответственно по полюсам $Y^{-1}(\zeta)$ и $Y(\zeta)$, сходятся по норме равномерно по ζ внутри области голоморфности $Y(\zeta)$. При этом

$$Y(\zeta) = Y_0(\zeta)\,\mathfrak{B}^{(I)}(\zeta)\,\mathfrak{B}^{(II)}(\zeta), \tag{5}$$

где $Y_0(\zeta)$ — голоморфная вместе с $Y_0^{-1}(\zeta)$ внутри единичного круга оператор-функция класса $(\mathfrak{R}_J^s)$.

Структуру оператор-функции $Y_0(\zeta)$ выявляет теорема 5.

Теорема 5. *Оператор-функция $Y_0(\zeta) \in (\mathfrak{R}_J^s)$, голоморфная вместе с $Y_0^{-1}(\zeta)$ внутри единичного круга, допускает представление*

$$Y_0(\zeta) = \mathfrak{U}_0 \overset{\curvearrowleft}{\int_0^\alpha} \exp\left\{-\frac{e^{i\vartheta(t)}+\zeta}{e^{i\vartheta(t)}-\zeta}\,dE(t)\right\}. \tag{6}$$

Здесь $\mathfrak{U}_0$ — J-унитарный оператор; $\vartheta(t)$ — монотонно убывающая функция $(0 \leqslant \vartheta(t) \leqslant 2\pi)$; $JE(t)$ — эрмитово возрастающая оператор-функция $(t = \operatorname{sp} JE(t))$; $\overset{\curvearrowleft}{\int}$ — мультипликативный интеграл.

Теоремы 4 и 5 обобщают основную теорему В. П. Потапова ([4]). Существенная трудность, возникшая при распространении этой теоремы на бесконечномерный случай, состояла в необходимости специального доказательства компактности рассматриваемых семейств оператор-функций. При этом пришлось использовать следующий признак.

Признак компактности. *Пусть последовательности функционалов $\Phi_n^{(1)}(f) \geqslant 0$, $\Phi_n^{(2)}(f) \geqslant 0$ равномерно на любом ограниченном множестве H стремятся к функционалам $\Phi^{(1)}(f)$, $\Phi^{(2)}(f)$, обладающим следующими свойствами:*

1°. *Если последовательность $f_i \overset{\text{сл}}{\to} 0$, то $\Phi^1(f_i) \to 0$, $\Phi^{(2)}(f_i) \to 0$.*

2°. *Для любого $\varepsilon > 0$ существует такое конечное множество Σ_ε, что, каково бы ни было f в единичной сфере, найдутся $g_\varepsilon^{(1)}$, $g_\varepsilon^{(2)}$ в Σ_ε такие, что $\Phi^{(1)}(f - g_\varepsilon^{(1)}) < \varepsilon$, $\Phi^{(2)}(f - g_\varepsilon^{(2)}) < \varepsilon$.*

Если семейство вполне непрерывных операторов $\{T_n\}$ таково, что для любого $f \in H$ $\|T_n f\| \leqslant \Phi_n^{(1)}(f)$, $\|T_n^* f\| \leqslant \Phi_n^{(2)}(f)$, то из $\{T_n\}$ можно выделить сходящуюся по норме последовательность.

Приведенное предложение обобщает признак компактности, принадлежащий М. С. Лившицу ([2]).

Заметим, что из наших результатов получается теорема М. С. Лившица о мультипликативном разложении характеристической матрицы-функции оператора класса $(i\Omega)$ ([2]). Для этого достаточно предположить, что $Y(\zeta)$ голоморфна и J-унитарна на некоторой дуге единичной окружности, произвести перенормировку элементарных множителей в (4) и интегрирующей функции в (6), а затем перейти от единичного круга к верхней полуплоскости.

Теоремы 4 и 5 использованы В. Т. Поляцким для построения „треугольной модели“ оператора T, обладающего тем свойством, что $\operatorname{sp}|I - T^*T| < \infty$ ([5]). Они также могут найти применение при исследовании некоторых классов неограниченных операторов.

Одесский государственный педагогический институт
им. К. Д. Ушинского

Поступило
20 X 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] М. С. Лившиц, Матем. сборн., **26**(68), 2, 247 (1950). [2] М. С. Лившиц, Матем. сборн., **34**(76), 1, 145 (1954). [3] М. С. Бродский, Матем. сборн., **39**(81), 2, 179 (1956). [4] В. П. Потапов, Тр. Моск. матем. общ., **4**, 125 (1955). [5] В. Т. Поляцкий. Тр. 3-го Всесоюзн. матем. съезда. **1**. 1956. стр. 119.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

МАТЕМАТИКА

А. И. ЖУКОВ

О СХОДИМОСТИ РЕШЕНИЯ РАЗНОСТНОГО УРАВНЕНИЯ К РЕШЕНИЮ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ

(Представлено академиком М. В. Келдышем 30 V 1957)

Основной результат настоящей заметки сводится к существованию функциональных пространств, в которых условия сходимости решения разностного уравнения к решению соответствующего дифференциального уравнения значительно шире, чем общеизвестные условия устойчивости (например, условие Куранта). Такими пространствами являются, в частности, пространства обобщенных функций над рассмотренными И. М. Гельфандом и Г. Е. Шиловым ([1,2]) основными пространствами, состоящими из целых функций.

1. Обозначим через Z пространство, состоящее из всех целых аналитических функций $\varphi(z)$ комплексного переменного z со сходимостью, равномерной в каждой ограниченной области. Для всех рассматриваемых далее операторов в Z мы будем предполагать, что их области определения удовлетворяют следующим условиям:

а) они представляют собой линейные многообразия;

б) они содержат все многочлены и все экспоненты e^{az} (a — любое комплексное число);

в) вместе с каждой функцией $\varphi(z)$ они содержат ее производную $\varphi'(z)$ и все ее сдвиги $\varphi(z+h)$ (h — любое комплексное число).

Оператором сдвига E^h называется оператор, переводящий функцию $\varphi(z)$ в $\varphi(z+h)$.

2. Линейный непрерывный оператор A называется постоянным, если он перестановочен с любым оператором сдвига, т. е. если для любого комплексного h $E^hA = AE^h$. Всякий постоянный оператор A разлагается в ряд по степеням оператора дифференцирования D:

$$A = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\alpha_k}{k!} D^k .$$

Комплексные коэффициенты α_k суть моменты оператора A; они могут быть определены следующим образом: $\alpha_k = Az^k$ при $z = 0$. Функция

$$u(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\alpha_k}{k!} z^k$$

есть целая функция; мы называем ее характеристической функцией оператора A и пишем $A = u(D)$.

Все постоянные операторы между собой перестановочны; характеристическая функция произведения двух операторов равна произ-

дению их характеристических функций. Оператор A обратим тогда только тогда, когда существует такой оператор B, что

$$A = e^B = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} B^k.$$

Для того чтобы последовательность постоянных операторов сходилась к некоторому постоянному оператору, необходимо и достаточно, чтобы последовательность их характеристических функций сходилась равномерно в каждой ограниченной области.

Если нулевой момент α_0 оператора A отличен от нуля, логарифм его характеристической функции $u(z)$ в окрестности точки $z=0$ разлагается в степенной ряд

$$\ln u(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\varkappa_k}{k!} z^k.$$

Коэффициенты $\varkappa_k$ суть семи-инварианты оператора A. (Соотношения между моментами и семи-инвариантами см., например, ([3]), стр. 210.)

3. Пусть A — постоянный оператор, t — действительный параметр. Уравнение

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = A\varphi \tag{1}$$

с начальным условием $\varphi(t_0, z) = \varphi_0(z)$ имеет решение

$$\varphi = e^{(t-t_0)A} \varphi_0$$

в области, где определены соответствующие операторы. Если A — многочлен от оператора дифференцирования, $A = c_0 + \frac{c_1}{1!} D + \ldots + \frac{c_p}{p!} D^p$, то оператор $e^{(t-t_0)A}$ имеет семи-инварианты $\chi_k = (t-t_0)c_k$, $k = 0, 1, \ldots, p$; при $k > p$ $\chi_k = 0$. Вопросы существования и единственности решения уравнения (1) для этого случая исследованы И. М. Гельфандом и Г. Е. Шиловым ([1,2]).

4. Пусть постоянный оператор F_τ, зависящий от действительного параметра τ, удовлетворяет следующим требованиям:

а) его нулевой момент $\alpha_0(\tau)$ не обращается в нуль;

б) при $\tau \to 0$ отношения χ_k / τ стремится к конечным пределам c_k;

в) при $k > p \geqslant 0$ $c_k = 0$.

Тогда при $n \to \infty$ и $\tau = \frac{t-t_0}{n}$ последовательность операторов F_τ^n сходится к оператору

$$\exp\left[(t-t_0)\left(c_0 + \frac{c_1}{1!} D + \ldots + \frac{c_p}{p!} D^p\right)\right],$$

переводящему функцию $\varphi_0(z)$ в функцию $\varphi(t, z)$, удовлетворяющую уравнению

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = c_0 \varphi + \frac{c_1}{1!} \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \ldots + \frac{c_p}{p!} \frac{\partial^p \varphi}{\partial z^p} \tag{2}$$

и начальным условиям $\varphi(t_0, z) = \varphi_0(z)$.

5. Все приведенные выше определения и теоремы непосредственно переносятся на пространства линейных непрерывных функционалов над линейными многообразиями в Z. Это, в частности, относится к упо-

минавшимся выше пространствам обобщенных функций над основным пространствами Z_q^q, состоящими из целых функций, удовлетворяющих неравенствам вида

$$|\varphi(x+iy)| < ae^{b|y|^q - c|x|^q}$$

$(q > 1;\ a, b, c > 0)$.

6. Условиям п. 4 удовлетворяют, в частности, многие разностные операторы, применяемые для численного интегрирования уравнений вида (2). Пусть, например, формула численного интегрирования имеет вид

$$\varphi(t+\tau, z) = \sum_m b_m \varphi(t, z+mh), \qquad (3)$$

где m пробегает некоторое конечное множество индексов, а коэффициенты b_m зависят только от действительных параметров τ и h (шагов сетки). Формуле (3) соответствует разностный оператор

$$G_{\tau,h} = \sum_m b_m E^{mh},$$

моменты которого суть

$$\alpha_k = h^k \sum_m m^k b_m.$$

Пусть $h = h(\tau)$, причем при $\tau \to 0$ $h \to 0$; тогда оператор G будет зависеть лишь от τ. Если он при этом удовлетворяет условиям п. 4, мы приходим к дифференциальному уравнению, решение которого в пределе при $\tau \to 0$ дает формула (3).

Уравнение это зависит, вообще говоря, от выбора функции $h(\tau)$. Существуют разностные уравнения, для которых пределы отношений $\varkappa/\tau$ не зависят от вида функции $h(\tau)$ (по терминологии И. М. Гельфанда они называются г и б к и м и); для них предельная теорема п. 4 верна всегда.

Во всяком случае, условия п. 4 значительно слабее обычных условий устойчивости, связанных, по существу, со знаками четных семи-инвариантов. В частности, правильное решение (в пределе) могут давать и неустойчивые формулы численного интегрирования. Причина этого заключена, конечно, в характере топологии выбранных нами пространств.

Практическое применение неустойчивых формул ограничено тем обстоятельством, что появляющиеся в процессе интегрирования функции могут неограниченно расти. Однако в пространстве обобщенных функций можно ввести такой процесс «сглаживания», с помощью которого всякую сходящуюся к функционалу типа функции последовательность можно превратить в сходящуюся к тому же пределу ограниченную последовательность непрерывных функций. Сочетая интегрирование по формулам типа (3) с таким «сглаживанием» (не обязательно на каждом шаге) можно получить вполне приемлемый с практической точки зрения процесс. Так как основная формула не обязана быть устойчивой, условия на шаги (типа условий Куранта) становятся несущественными.

Отделение прикладной математики
Математического института им. В. А. Стеклова
Академии наук СССР

Поступило
28 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] И. М. Гельфанд, Г. Е. Шилов. Усп. матем. наук, 8, в. 6 (58), 3 (1953). [2] И. М. Гельфанд, Г. Е. Шилов, ДАН, 102, № 6 (1955). [3] Г. Крамер, Математические методы статистики, М., 1948.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

МАТЕМАТИКА

С. Е. КАРАПЕТЯН

ПОВЕРХНОСТЬ ВТОРОГО ПОРЯДКА ЛИ ДЛЯ ЛИНЕЙЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОНГРУЕНЦИИ

(Представлено академиком П. С. Александровым 28 V 1957)

1. В 1878 г. Софус Ли ввел понятие соприкасающейся поверхности второго порядка. Эта поверхность есть предельное положение поверхности второго порядка, проходящей через касательные к трем асимптотическим линиям одного семейства в точках их пересечения с одной асимптотической другого семейства, если эти точки сближаются и в пределе совпадают. В дальнейшем эта поверхность была использована для построения нормального тетраэдра поверхности ([1]).

В настоящей работе получено инвариантное (относительно всех тетраэдров первого порядка) уравнение поверхности второго порядка Ли для линейчатых поверхностей конгруенции и рассмотрены некоторые вопросы, связанные с этой поверхностью. В работе применен метод внешних форм Картана ([2]).

2. Инфинитезимальное перемещение тетраэдра $A_1A_2A_3A_4$ в проективном пространстве определяется системой дифференциальных уравнений

$$dA_i = \omega_i^k A_k \quad (i, k, j = 1, 2, 3, 4), \tag{1}$$

где ω_i^k — линейные дифференциальные формы, связанные структурными уравнениями проективного пространства

$$D\omega_i^k = \left[\omega_i^j \omega_j^k\right].$$

Семейство тетраэдров первого порядка, присоединенное к конгруенции, выделяется дифференциальными уравнениями

$$\omega_1^4 = 0, \quad \omega_2^3 = 0.$$

Дифференцируя эти уравнения внешним образом, получим с помощью уравнений структуры два квадратичных уравнения

$$\left[\omega_1^2 \omega_2^4\right] + \left[\omega_1^3 \omega_3^4\right] = 0, \quad \left[\omega_2^1 \omega_1^3\right] + \left[\omega_2^4 \omega_4^3\right] = 0.$$

Развертывая их в линейные уравнения с помощью леммы Картана, получим

$$\omega_3^4 = \alpha\omega_1^3 - \beta\omega_2^4, \quad \omega_2^1 = \gamma'\omega_1^3 + \beta'\omega_2^4, \tag{2}$$

$$\omega_1^2 = \beta\omega_1^3 + \gamma\omega_2^4, \quad \omega_4^3 = -\beta'\omega_1^3 + \alpha'\omega_2^4.$$

3. Пусть произвольная линейчатая поверхность конгруенции определяется уравнением $\omega^4{}_2 = \lambda\omega^3{}_1$, тогда на ее соприкасающейся поверхности Ли (или квадрике Ли) будут находиться луч A_1A_2 и два его бесконечно близких луча. Следовательно, поверхность Ли может определяться в пятимер-

ном проективном пространстве P_5 точками $[12]$, $d[12]$ $(\mathrm{mod}\,(\omega_2^4 = \lambda\omega_1^3)$ и $d^2[12]$ $(\mathrm{mod}\,(\omega_2^4 = \lambda\omega_3^1)$ где $[ik]$ есть аналитическая прямая A_iA_k.

Двумерная плоскость $([12]d[12]d^2[12])$ пересечет гиперквадрику Q_2 по кривой, точки которой будут являться образами одной серии прямолинейных образующих искомой поверхности Ли.

В силу уравнений (1) и (2), преобразуя плоскость $([12]\,d\,[12]\,d^2\,[12]$ $\mathrm{mod}\,(\omega_2^4 = \lambda\omega_1^3))$, получим:

$$\{[12],\ \lambda\,[14] - [23],\ 2\lambda\,[34] + \lambda\,(\lambda_1 + \lambda\lambda_2)\,[14] +$$
$$+ (\lambda^2\alpha' - 2\lambda\beta' - \gamma')\,[13] + (-\lambda^2\gamma - 2\lambda\beta + \alpha)\,[42]\},$$

где $\Delta\lambda = d\ln\lambda + \omega_1^1 + \omega_4^4 - \omega_2^2 - \omega_3^3 = \lambda_1\omega_1^3 + \lambda_2\omega_2^4$.

Если координаты текущей прямой другой серии прямолинейных образующих поверхности Ли обозначим через q^{ij}, то из условий инволюционности (3) получим

$$q^{34} = 0,\ q^{14} - \lambda q^{23} = 0, \qquad (3$$
$$2\lambda q^{12} + \lambda\,(\lambda_1 + \lambda\lambda_2)\,q^{23} + (\lambda^2\alpha'' - 2\lambda' - \gamma')\,q^{42} + (-\lambda^2\gamma - 2\lambda\beta + \alpha)\,q^{13} = 0.$$

Пусть прямая q определяется точками $M\,(x^1x^2x^3x^4)$ и $N\,(y^1y^2y^3y^4)$, тогда $q^{ij} = x^iy^j - x^jy^i$. Исключая из этих и предыдущих уравнений q^{ij}, y^i, получим точечное уравнение квадрики Ли для линейчатой поверхности

$$2\lambda\,(x^1x^4 - \lambda x^2x^3) - \lambda\,(\lambda_1 + \lambda\lambda_2)\,x^3x^4 +$$
$$+ (\lambda^2\alpha' - 2\lambda\beta' - \gamma')\,x^4x^4 + \lambda\,(\lambda^2\gamma + 2\lambda\beta - \alpha)\,x^3x^3 = 0. \qquad (4$$

4. Фокальная плоскость $A_1A_2A_3$ касается поверхности Ли и, следовательно, пересекается с ней по двум образующим, одна из которых совпадает с лучом конгруенции, а другая определяется уравнениями

$$-2\lambda x^2 + (\lambda^2\gamma + 2\lambda\beta - \alpha)\,x^3 = 0, \quad x^4 = 0. \qquad (5$$

Эта образующая совпадает со второй касательной фокальной сети поверхности (A_1) *тогда и только тогда, когда* $\lambda = \pm\sqrt{\alpha/\gamma}$, *т. е. только для линейчатых поверхностей конгруенции, определяемых уравнением* $\alpha\,(\omega_1^3)^2 - \gamma\,(\omega_2^4)^2 = 0$.

Точно так же можно доказать, что *только для линейчатых поверхностей* $\alpha'\,(\omega_2^4)^2 - \gamma'\,(\omega_1^3)^2 = 0$ *две образующие квадрики совпадают с двумя касательными фокальной сети поверхности* (A_2) *в точке* A_2.

Величины

$$F = \frac{\alpha\,(\omega_1^3)^2 - \gamma\,(\omega_2^4)^2}{\alpha\,(\omega_1^3) + \gamma\,(\omega_2^4)^2}, \qquad F' = \frac{\gamma'\,(\omega_1^3)^2 - \alpha'\,(\omega_2^4)^2}{\gamma'\,(\omega_1^3)^2 + \alpha'\,(\omega_2^4)^2}$$

являются абсолютными инвариантами, геометрический смысл которых может служить предметом исследования. Равенство $F = F'$ характеризует конгруенцию W, а $FF' = 1$ характеризует конгруенцию V.

5. Известно, что каждой линейчатой поверхности конгруенции соответствует некоторая линия на фокальной поверхности, вдоль которой эти две поверхности касаются друг друга.

Образующая (5) квадрики линейчатой поверхности $\omega_2^4 = \lambda\omega_1^3$ совпадает с касательной соответствующей линии $(\omega_2^4 = \lambda\omega_1^3)$ тогда и только тогда, когда $\lambda = \pm\sqrt{-\alpha/\gamma}$. Следовательно, *только для линейчатых поверхностей* $\alpha\,(\omega_1^3)^2 + \gamma\,(\omega_2^4)^2 = 0$ *вторая образующая квадрики Ли совпадает с касательными к линиям, соответствующим этим линейчатым поверхностям* (*т. е. с асимптотическими касательными*).

Как известно, образующие квадрики Ли любой неразвертывающейся поверхности совпадают с асимптотическими касательными ([1]). Из этой указанной выше теорем следует и другая теорема, а именно:

Линия соприкасания фокальной и линейчатой поверхностей конгруенции может быть асимптотической для линейчатой поверхности тогда и только тогда, когда эта линия является асимптотической линией для фокальной поверхности.

6. Возьмем две линейчатые поверхности конгруенции $\omega_2^4 = \lambda\omega_1^3$ и $\omega_2^{\prime 4} = \mu\omega_1^3$ и потребуем, чтобы квадрики Ли этих линейчатых поверхностей имели общую образующую (кроме луча конгруенции A_1A_2).

Прямая, определяемая точками $M = a_1M_1 + a_2M_2 + a_3M_3$, $N = a_1'M_1 + a_2'M_2 + a_4'M_4$, будет находиться на этих двух квадриках тогда и только тогда, когда будут удовлетворены уравнения

$$2\lambda a_2 - (\lambda^2\gamma + 2\lambda\beta' - \alpha)\,a_3 = 0, \quad 2\mu a_2 - (\mu^2\gamma + 2\mu\beta - \alpha)\,a_3 = 0,$$
$$2\lambda a_1' + (\lambda^2\alpha' - 2\lambda\beta' - \gamma')\,a_4' = 0, \quad 2\mu a_1' + (\mu^2\alpha' - 2\mu\beta' - \gamma')\,a_4' = 0,$$
$$2a_1 - 2\lambda a_2' - \lambda_1 - \lambda\lambda_2 = 0, \quad 2a_1 - 2\mu a_2' - \mu_1 - \mu\mu_2 = 0.$$

Из первых четырех уравнений получим

$$\lambda\mu\gamma + \alpha = 0, \quad \alpha\alpha' - \gamma\gamma' = 0. \tag{6}$$

Остальные уравнения определяются положение точек M и N. Второе уравнение (6) показывает, что конгруенция (A_1A_2) является конгруенцией W.

Итак, *две квадрики Ли двух линейчатых поверхностей конгруенции имеют общую образующую точку тогда и только тогда, когда эта конгруенция является конгруенцией W.*

В конгруенции W одна из таких линейчатых поверхностей задается произвольно, а вторая поверхность определяется первым уравнением (6).

7. Через каждый луч конгруенции проходят ∞^1 линейчатых поверхностей и, следовательно, столько же квадрик Ли. Посмотрим, в каком случае все демиквадрики (одни серии прямолинейных образующих этих квадрик Ли) принадлежат одному линейному комплексу.

Если координаты этого комплекса обозначим через q^{ij}, то, согласно требованию, уравнения (3) должны быть удовлетворены для любого λ, т. е. должно быть

$$q^{34} = q^{14} = q^{23} = 0, \quad q^{12} - \beta' q^{42} - \beta q^{13} = 0,$$
$$\alpha' q^{42} - \gamma q^{13} = 0, \quad \gamma' q^{42} - \alpha q^{13} = 0.$$

Из этих уравнений (если линейный комплекс не совпадает с лучом конгруенции) будем иметь $\alpha\alpha' - \gamma\gamma' = 0$, и искомый линейный комплекс напишется в виде

$$a = (\beta'\alpha + \beta\gamma')\,[12] + \gamma'\,[13] + \alpha\,[42].$$

Следовательно, *все демиквадрики, связанные с лучом конгруенции, принадлежат одному линейному комплексу тогда и только тогда, когда конгруенция является конгруенцией W.* Известно, что комплекс a — соприкасающийся комплекс конгруенции W, и, следовательно, *все демиквадрики, связанные с лучом конгруенции W, принадлежат соприкасающемуся линейному комплексу.*

Ереванский Армянский государственный педагогический институт им. Х. Абовяна

Поступило 30 I 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] С. П. Фиников, Проективно-дифференциальная геометрия, М.—Л., 1937. [2] С. П. Фиников, Метод внешних форм Картана, 1947. [3] С. П. Фиников, Теория конгруэнций, М.—Л., 1950.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

МАТЕМАТИК

М. А. КРАСНОСЕЛЬСКИЙ

О ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЯХ В ОКРЕСТНОСТИ ОСОБОЙ ТОЧКИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

(Представлено академиком Н. Н. Боголюбовым 30 V 1957)

Ниже рассматриваются системы

$$\ddot{x}_i + g_i(x_1, \ldots, x_n, \dot{x}_1, \ldots, \dot{x}_n) = 0 \quad (i = 1, \ldots, n), \qquad (1$$

Предполагается, что

$$g_i(-x_1, \ldots, -x_n, y_1, \ldots, y_n) = -g_i(x_1, \ldots, x_n, y_1, \ldots, y_n). \qquad (2$$

В силу (2) начало координат является стационарной точкой системы (1).

В статье изучается вопрос о периодических решениях системы (1) с малыми амплитудами, вопрос о зависимости амплитуд от периодов. Рассматриваются также системы, полученные из (1) малым возмущением.

1. В ([1]) указано, что системе (1) может быть сопоставлено уравнение

$$\varphi = A(\varphi, T) \qquad (3$$

с оператором A, действующим в некотором функциональном пространстве вектор-функций и зависящим от положительного параметра T, решения которого определяют периодические решения системы (1) с периодом T.

Общие теоремы нелинейного функционального анализа приводят к разнообразным утверждениям о расположении совокупностей решений уравнения (3) в окрестности нуля функционального пространства. При переходе к другим терминам эти же утверждения описывают расположение совокупностей замкнутых интегральных кривых в окрестности стационарной точки $2n$-мерного фазового пространства системы (1).

Приводимые ниже утверждения можно трактовать и как теоремы о периодических решениях ляпуновских систем. Рассмотрение систем проводится в таких предположениях, которые не используют знания аналитического первого интеграла, знание которого существенно в теории Ляпунова ([2], гл. 4).

Теоремы первых пунктов вытекают из различных теорем о точках бифуркации, установленных автором ранее ([3]) вне связи с нелинейной механикой. Дальнейшие теоремы являются следствиями предложений о расположении спектра нелинейного оператора в окрестности точки бифуркации ([3], гл. 4) и некоторых теорем из ([4]).

2. Будем говорить, что совокупность $\mathfrak{N}$ периодических решений автономной системы (1) имеет предельный период T, если периоды решений из совокупности $\mathfrak{N}$ стремятся к T, когда амплитуды этих решений стремятся к нулю. Совокупности $\mathfrak{N}$ с предельным периодом T могут состоять из счетного или континуального числа решений.

Через R^{2n} обозначим $2n$-мерное фазовое евклидово пространство с координатной системой $x_1, \ldots, x_n, y_1, \ldots, y_n$. Периодическим решениям системы (1) соответствуют замкнутые интегральные кривые системы

$$\dot{x}_i = y_i,$$
$$\dot{y}_i = -g_i(x_1, \ldots, x_n, y_1, \ldots, y_n) \quad (i = 1, \ldots, n) \qquad (4)$$

пространстве R^{2n}. Через $\mathfrak{N}^*$ будем обозначать множество точек пространства R^{2n}, лежащих на замкнутых интегральных кривых системы (), соответствующих периодическим решениям системы (1) из совокупности $\mathfrak{N}$.

Будем говорить, что совокупность $\mathfrak{N}$ периодических решений с предельным периодом T образует непрерывную ветвь в окрестности нулевой стационарной точки, если непусто пересечение $\mathfrak{N}^*$ с границей любой окрестности стационарной точки, полностью лежащей внутри шара некоторого радиуса, определяемого по совокупности $\mathfrak{N}$. Грубо говоря, $\mathfrak{N}$ является непрерывной ветвью периодических решений, если $\mathfrak{N}^*$ содержит двумерное многообразие, внутренней точкой которого является стационарная точка.

Через C ниже обозначается матрица n-го порядка с элементами

$$c_{ij} = \frac{\partial}{\partial x_j} g_i(0, \ldots, 0, 0, \ldots, 0) \quad (i, j = 1, \ldots, n). \qquad (5)$$

Теорема 1. *Пусть $4\pi^2/T_k^2$ — нечетнократный положительный корень характеристического уравнения матрицы C. Пусть четна сумма кратностей других положительных корней характеристического уравнения, целыми кратными которых является $4\pi^2/T_k^2$.*

Тогда корню $4\pi^2/T_k^2$ соответствует континуальная совокупность $\mathfrak{N}_k$ периодических решений системы (1) с предельным периодом T_k. Совокупность $\mathfrak{N}_k$ образует непрерывную ветвь периодических решений в окрестности нулевой стационарной точки.

Теорема 2. *Пусть функции g_i, кроме условия (2) нечетности по первой группе переменных, удовлетворяют условию*

$$g_i(x_1, \ldots, x_n, \ldots, y_1, y_n) = g_i(x_1, \ldots, x_n, y_1, \ldots, y_n) \qquad (6)$$
$$(i = 1, \ldots, n)$$

нечетности по второй группе переменных. Пусть $4\pi^2/T_k^2$ — нечетнократный положительный корень характеристического уровнения матрицы C. Пусть четна сумма кратностей других положительных корней характеристического уравнения, целыми нечетными кратными которых является $4\pi^2/T_k^2$,

Тогда справедливо утверждение теоремы 1.

Отметим, что в случае системы с одной степенью свободы утверждение теоремы очевидно. В случае систем с многими степенями свободы теоремы 1 и 2 дают, вообще говоря, условия существования в окрестности стационарной точки нескольких серий периодических решений, соответствующих различным $4\pi^2/T_k^2$.

3. Предположение о нечетной кратности $4\pi^2/T_k^2$ в теоремах 1 и 2 существенно. В общем случае четнократных корней исследование усложняется и приводит к условиям существования периодических решений, формулировка которых использует члены, следующие за линейными в разложениях по Тейлору функций g_i. Проще исследуются системы

$$\ddot{x}_i + g_i(x_1, \ldots, x_n) = 0 \quad (i = 1, \ldots, n), \qquad (7)$$

если

$$g_i(x_1, \ldots, x_n) = \frac{\partial}{\partial x_i} G(x_1, \ldots, x_n) \quad (i = 1, \ldots, n). \qquad (8)$$

Теорема 3. *Пусть функции g_i удовлетворяют условиям* (2) и (8).

Тогда каждому положительному корню $2\pi^2/T_k^2$ (любой кратности) характеристического уравнения матрицы C соответствует

совокупность $\mathfrak{N}_k$ *периодических решений системы* (7) *с предельным периодом* T_k.

Нам не удалось выяснить, всегда ли в условиях теоремы 3 $\mathfrak{N}_k$ образует непрерывную ветвь периодических решений.

4. Обозначим через L_k подпространство в R^{2n}, состоящее из собственных векторов матрицы $\begin{pmatrix} C & 0 \\ 0 & C \end{pmatrix}$, соответствующих собственному значению $4\pi^2/T_k^2$.

Теорема 4. $4\pi^2/T_k^2$ *в условиях теоремы* 1 (*теоремы* 2 *или теоремы* 3) *не является целым кратным* (*нечетным кратным*) *других положительных корней характеристического уравнения матрицы* C.

Тогда совокупность точек $\mathfrak{N}_k^{**}$ *в нуле фазового пространства* R *касательна к* L_k *в том смысле, что*

$$\lim_{\bar{x}\in\mathfrak{N}_k^*,\ \|\bar{x}\|\to} \frac{1}{\|\bar{x}\|}\rho(\bar{x},\ L_k)=0, \qquad (\ldots$$

где $$\|\bar{x}\|=\{x_1^2+\ldots+x_n^2+y_1^2+\ldots+y_n^2\}^{1/2}.$$

5. Различные периодические решения системы (1) или (7) имеют вообще говоря, различные периоды. Интерес представляет вопрос о зависимости амплитуд от периодов (см. ([5],[6]) и др.). Топологические соображения приводят к простым утверждениям, аналогичным, например, тем, которые указаны для известного уравнения Дуффинга в ([6]) (стр. 88—94).

Пусть $4\pi^2/T_k^2$ — простой корень характеристического уравнения матрицы C, которому соответствует собственный вектор $\{\xi_1, \ldots, \xi_n\}$.

Допустим, что функции g_i допускают представление

$$g_i=\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_j+P_i(x_1,\ \ldots,\ x_n,\ y_1,\ \ldots,\ y_n)+\omega_i \quad (i=1,\ \ldots,\ n), \qquad (1\ldots$$

где все P_i — однородные формы некоторого порядка s (например третьего), а ω_i — члены более высокого порядка малости:

$$\lim_{\|\bar{x}\|\to 0}\frac{1}{\|\bar{x}\|^s}\sum_{i=1}^{n}|\omega_i|=0. \qquad (1\ldots$$

Все дальнейшие рассмотрения проводятся в предположении, что

$$\gamma=\int_{-\pi}^{\pi}P(t)\sin t\,dt\neq 0, \qquad (1\ldots$$

где

$$P(t)=\sum_{i=1}^{n}\xi_i P_i(\xi_1\sin t,\ \ldots,\ \xi_n\sin t,\ \xi_1\cos t,\ \ldots,\ \xi_n\cos t). \qquad (1\ldots$$

Теорема 5. *Пусть выполнено условие* (2). *Пусть простой корень* $4\pi^2/T_k^2$ *характеристического уравнения матрицы* C *не является целым кратным других корней характеристического уравнения. Пусть* $\mathfrak{N}_k$ — *совокупность периодических решений системы* (1) *с предельным периодом* T_k.

Тогда при $\gamma<0$ *амплитуды периодических решений из* $\mathfrak{N}_k$ *возрастают при возрастании периода. При* $\gamma>0$ *амплитуды возрастают при убывании периода.*

Теорема 6. *Пусть выполнены условия* (2) *и* (6). *Пусть простой корень* $4\pi^2/T_k^2$ *характеристического уравнения матрицы* C *не является нечетным кратным других корней характеристического уравнения.*

Тогда справедливы утверждения теоремы 5.

Теоремы 5 и 6 означают, что условие $\gamma < 0$ соответствует мягкой восстанавливающей силе, а $\gamma > 0$ — жесткой ((6), стр. 92).

6. Рассмотрим теперь систему

$$\ddot{x}_i + g_i(x_1, \ldots, x_n, \dot{y}_1, \ldots, \dot{y}_n) + \\ + \varepsilon^2 f_i(t, x_1, \ldots, x_n, \dot{x}_1, \ldots, \dot{x}_n) = 0 \quad (i = 1, \ldots, n), \tag{14}$$

где f_i периодичны по t с некоторым периодом T и удовлетворяют условию

$$f_i(-t, -x_1, \ldots, -x_n, y_1, \ldots, y_n) = -f_i(t, x_1, \ldots, x_n, y_1, \ldots, y_n), \tag{15}$$

а ε^2 — положительный малый параметр. Период T будем считать близким к T_k. Будем предполагать, что выполнено условие (12) и условие

$$\alpha = \int_{-\pi}^{\pi} F(t) \sin t \, dt \neq 0, \tag{16}$$

где

$$F(t) = \sum_{i=1}^{n} \xi_i f_i \left(\frac{T}{2\pi} t, 0, \ldots, 0 \right). \tag{17}$$

Каждое периодические решение $\{x_i(t)\}$ системы (1) входит в очевидное континуальное семейство решений $\{x_i(t + t_0)\}$, полученное из первоначального периодического решения сдвигами фазы. Неавтономная система (14) уже может иметь изолированные периодические решения. В некоторых случаях можно указать оценку числа таких решений.

Нечетные периодические решения системы (1) в условиях теорем 5 и 6 являются неподвижными точками ненулевого индекса ((3), гл. 2) некоторых вполне непрерывных операторов. Переход к возмущенной системе (14) соответствует малым возмущениям этих операторов. Поэтому и у возмущенных операторов сохраняются неподвижные точки, которые дают периодические решения системы (14).

Теорема 7. *Пусть для системы* (1) *выполнены условия теоремы* 5. *Пусть выполнено условие* (16).

Тогда при $\gamma > 0$ *система* (14) *имеет при малых* ε *не менее трех периодических решений, если* T *достаточно близко к* T_k *и* $T > T_k$. *При* $\gamma < 0$ *система* (14) *имеет не менее трех периодических решений, если* ε *мало,* T *достаточно близко к* T_k *и* $T < T_k$.

Аналогичным утверждением можно дополнить и теорему 6.

Теорема 7 получена при помощи общих теорем статьи (4). Амплитудные кривые в условиях теоремы 7 имеют вид, аналогичный графикам, приведенным для случая уравнения Дуффинга в (6) (фиг. 40).

Воронежский
государственный университет

Поступило
21 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] М. А. Красносельский, ДАН, **111**, № 2 (1956). [2] И. Г. Малкин, Методы Ляпунова и Пуанкаре в теории нелинейных колебаний, 1949. [3] М. А. Красносельский, Топологические методы в теории нелинейных интегральных уравнений, 1956. [4] М. А. Красносельский, ДАН, **109**, № 3 (1956). [5] Н. Н. Боголюбов, Ю. А. Митропольский, Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний, 1955. [6] Д. Стокер, Нелинейные колебания в механических и электрических системах, 1953.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

МАТЕМАТИКА

В. А. ПЛИСС

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ТРЕХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

(Представлено академиком В. И. Смирновым 27 V 1957)

В настоящей работе изучается частный случай системы трех уравнений типа Айзермана (1). Рассматривается система уравнений

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= f_1(x) + a_{12}y + a_{13}z, \\ \frac{dy}{dt} &= a_{21}x + a_{22}y + a_{23}z, \\ \frac{dz}{dt} &= a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z \end{aligned} \qquad (1)$$

при условии $a_{22} + a_{33} = 0$. Эта система путем замены переменных может быть приведена к виду

$$\frac{dx}{dt} = y - f(x), \quad \frac{dy}{dt} = z - x, \quad \frac{dz}{dt} = -ax - bf(x). \qquad (2)$$

Относительно функции $f(x)$ будем предполагать, что она удовлетворяет условию Липшица и обобщенным условиям Гурвица:

$$\frac{f(x)}{x} > a + b\frac{f(x)}{x} > 0 \quad \text{при } x \neq 0; \qquad f(0) = 0. \qquad (3)$$

Частный случай системы (2) при условиях (3) рассматривался нами в заметке (2).

Будем через $\varphi(p, t)$ обозначать ту траекторию системы (2), которая при $t = 0$ проходит через точку p фазового пространства. Пользуясь качественными методами, можно доказать следующие теоремы.

Теорема 1. *Любая положительная полутраектория системы* (2), *целиком лежащая в одном из полупространств* $x \geqslant 0$ *или* $x \leqslant 0$, *стремится к началу координат.*

Теорема 2. *Пусть выполнены неравенства* $a > 0$, $0 \leqslant b < 1$, $a + b \geqslant 1$ *и пусть точка* p *лежит в плоскости* $x = 0$; *тогда траектория* $\varphi(p, t)$ *системы* (2) *при* $t > 0$ *пересекает плоскость* $x = 0$.

Теорема 3. *Предположим, что выполнены неравенства* $a > 0$, $0 \leqslant b < 1$, $a + b \geqslant 1$. *Пусть точка* p, *отличная от* $x = y = z = 0$, *лежит в плоскости* $x = 0$ *и пусть* $t_1 > 0$ — *первый после* $t = 0$ *момент пересечения траектории* $\varphi(p, t)$ *с плоскостью* $x = 0$; t_2 $(t_2 > t_1)$ — *первый после* t_1 *момент пересечения* $\varphi(p, t)$ *с плоскостью* $x = 0$.

огда возможно одно из двух:

I. *Либо* $y(\varphi(p, t_1)) > 0$, $z(\varphi(p, t_1)) > 0$, *и тогда* $y(\varphi(p, t_2)) < 0$, $\varphi(p, t_2)) < 0$.

II. *Либо* $y(\varphi(p, t_1)) < 0$, $z(\varphi(p, t_1)) < 0$, *и тогда* $y(\varphi(p, t_2)) > 0$, $\varphi(p, t_2)) > 0$.

Для систем типа Айзермана часто оказывается возможным построить ункцию Ляпунова вида «интеграл от нелинейности плюс квадратичная орма координат фазового пространства» (см., например, [3]). Для по-троения такого рода функций удобно применять следующий прием.

Рассмотрим нелинейную систему дифференциальных уравнений вида

$$\frac{dx_1}{dt} = \sum_{j=1}^{n} a_{1j}x_j + f(x_k), \quad \frac{dx_i}{dt} = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j \quad (i = 2, 3, \ldots, n) \tag{4}$$

наряду с ней систему линейных уравнений с постоянными коэффициен-ами

$$\frac{dx_1}{dt} = \sum_{j=1}^{n} a_{1j}x_j + Fx_k, \quad \frac{dx_i}{dt} = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j \quad (i = 2, 3, \ldots, n). \tag{5}$$

Легко доказать следующие леммы.

Лемма 1. *Если квадратичная форма*

$$v = W(x_1, x_2, \ldots, x_n) + \frac{\mu}{2} Fx_k^2, \tag{6}$$

де F — *постоянное число, а* W — *квадратичная форма переменных* $x_1, x_2 \ldots, x_n$ *с коэффициентами, не зависящими от* F, *определенно-положи-ельна при любых* $F \in (\gamma\delta)$, *то функция*

$$v_1 = W(x_1, x_2, \ldots, x_n) + \mu \int_0^{x_k} f(x)\,dx \tag{7}$$

акже определенно-положительна при любых непрерывных $f(x)$, *удовле-творяющих условиям*

$$f(0) = 0, \quad \gamma < \frac{f(x)}{x} < \delta \quad \textit{при } x \neq 0. \tag{8}$$

Предположим, что квадратичная форма W имеет коэффициенты, не за-висящие от F. Обозначим через $\dot{v}$ и $\dot{v}_1$ производные от функции v и v_1 по времени, взятые в силу системы (5) и (4) соответственно.

Лемма 2. *Если при любых* $F \in (\gamma\delta)$ $\dot{v} \leqslant 0$, *то при любой непрерыв-ной* $f(x)$, *удовлетворяющей условиям* (8), $\dot{v}_1 \leqslant 0$.

Из этих лемм вытекает, что если у системы (5) существует функция Ляпунова вида (6) при любых $F \in (\gamma\delta)$, то у системы (4) также суще-ствует функция Ляпунова при любой непрерывной $f(x)$, удовлетворяющей условиям (8), и эта функция имеет вид (7). Ясно далее, что если для системы (5) нельзя указать функцию v вида (6), имеющую отрицатель-ную производную по времени v при всех $F \in (\gamma\delta)$, то и у системы (4) не существует функции Ляпунова вида (7). Таким образом, вопрос о суще-ствовании и построении для системы (4) функции Ляпунова указанного выше специального вида приводится к вопросу о существовании и построе-нии для системы (5) функции Ляпунова вида (6).

Пользуясь этим приемом построения функции Ляпунова, а также ис пользуя результаты работ ([5,6]), можно доказать следующую теорему.

Теорема 4. *Если выполнено одно из трех следующих условий:*

$a<0,\ b>0$; 2) $a=0,\ 0<b<1$; 3) $a>0,\ b<0,\ a^2+b(1-b)^2\leqslant$

то нулевое решение системы (2) *асимптотически устойчиво в целом пр любой функции* $f(x)$, *удовлетворяющей обобщенным условиям Гурви ца* (3).

В случае, когда $a>0,\ a^2+b(1-b)^2>0$, такого утверждения сде лать нельзя, однако можно указать условия, достаточные для асимптоти ческой устойчивости в целом нулевого решения системы (2). Именно справедливы следующие теоремы.

Теорема 5. *Предположим, что выполняются неравенства* $a>$ $a^2+b(1-b)^2>0$ *и обобщенные условия Гурвица* (3). *Предположим кроме того, что при всех вещественных* $x\neq 0$ *выполняются неравенства*

$$0<xf(x)-\frac{a}{1-b}x^2\leqslant\frac{1-b}{a}x^2; \qquad (9$$

тогда нулевое решение системы (2) *асимптотически устойчиво в целом.*

Условие теоремы 5 сужает сектор изменения функции $f(x)$, даваемы обобщенными условиями Гурвица (3). Следующее достаточное услови устойчивости в целом свободно от этого недостатка, но зато оно ограни чивает пределы изменения производной от $f(x)$.

Теорема 6. *Предположим, что выполняются неравенства* $a>$ $a^2+b(1-b)^2>0$ *и обобщенные условия Гурвица (3). Предположим кроме того, что при всех вещественных* x *функция* $f(x)$ *дифференцируем и выполняется неравенство*

$$\frac{df}{dx}>\frac{a}{1-b}. \qquad (10$$

Тогда нулевое решение системы (2) *асимптотически устойчиво в целом*

В случаях, когда $a>0,\ a^2+b(1-b)^2>0$, т. е. в тех случаях, когда нулевое решение системы (2) оказывается асимптотически устойчивым в целом не при всяких $f(x)$, качественная картина поведения решения вы ясняется более подробно.

Теорема 7. *Пусть выполнены неравенства* $a>0,\ a^2+b(1-b)^2>$ *Пусть, далее, найдутся такие числа* $\varepsilon>0$ *и* $x_0>0$, *что*

$$\frac{df(x)}{dx}-\frac{a}{1-b}>\varepsilon,\ \ при\ |x|\geqslant x_0. \qquad (1$$

Тогда существует такое $M>0$, *что по любой точке* p *фазового пространств можно указать такое* T_p, *что при* $t\geqslant T_p$ *на траектории* $\varphi(p,t)$ *системы* (2 *выполняются неравенства*

$$|x|<M,\quad |y|<M,\quad |z|<M. \qquad (12$$

Теорема 8. *Пусть выполнены условия* $a>0,\ 0\leqslant b<1,\ a+b\geqslant$ *Пусть существуют такие положительные числа* x_0 *и* ε, *что выполняется условие* (11). *Тогда для того, чтобы нулевое решение системы* (2) *был асимптотически устойчиво в целом, необходимо и достаточно, чтобы систе ма* (2) *не имела периодических движений.*

Следующая теорема выясняет вопрос о структуре предельных мно жеств тех траекторий системы (2), которые не стремятся к началу коорди нат при $t\to\infty$.

Теорем 9. *Пусть выполнены неравенства* $a>0$, $a+b\geqslant 1$, $0\leqslant b<1$; *пусть существуют такие числа* $x_0>0$, $\varepsilon>0$, *что выполняется условие* (11). *Тогда любая траектория системы* (2), *не стремящаяся к началу координат при* $t\to+\infty$, *имеет в своем* ω-*предельном множестве колебательный режим* ([6]).

В заключение мы укажем два условия, достаточных для существования у системы (2) периодических решений, отличных от нулевого.

Теорема 10. *Пусть выполнены неравенства* $a>0$, $0\leqslant b<1$, $a+b\geqslant 1$. *Пусть выполнены условия*

$$hx\leqslant f(x)-\frac{a}{1-b}x \quad \text{при } 0\leqslant x\leqslant x_1; \tag{13}$$

$$0<f'(x)-\frac{a}{1-b}<\lambda \quad \text{при } x\geqslant x_2, \tag{14}$$

где число $h>\frac{1-b}{a}$, *а числа* λ, x_1, x_2-x_1 *положительны и достаточно малы. Пусть, кроме того,*

$$f(x)=-f(-x). \tag{15}$$

Тогда система (2) *имеет периодическое решение.*

Теорема 11. *Пусть выполнены неравенства* $a>0$, $a^2+b(1-b)^2>0$. *Пусть, кроме того, выполнены условия* (13), (14), (15) *и*

$$\frac{df}{dx}>\frac{a}{1-b} \quad \text{при } 0\leqslant x<x_1; \tag{16}$$

$$f(x)-\frac{a}{1-b}x<f(x_1)-\frac{a}{1-b}x_1 \quad \text{при } x>x_1. \tag{17}$$

В этих условиях, так же как и выше, $h>\frac{1-b}{a}$, *числа* λ, x_1, x_2-x_1 *достаточно малы. Тогда система* (2) *имеет периодическое движение.*

Из теоремы 11 следует, что при $a>0$, $a^2+b(1-b)^2>0$ нулевое решение системы (2) может и не быть устойчивым в целом, несмотря на выполнение обобщенных условий Гурвица. Отсюда и из теоремы 4 следует теорема 12.

Теорема 12. *Для того чтобы нулевое решение системы* (2) *было асимптотически устойчиво в целом при любой функции* $f(x)$, *удовлетворяющей обобщенным условиям Гурвица, необходимо и достаточно выполнение одного из трех следующих условий:*

1) $a<0$, $b>0$;
2) $a=0$, $0<b<1$;
3) $a>0$, $b<0$, $a^2+b(1-b)^2\leqslant 0$.

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова

Поступило
21 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] М. А. Айзерман, Усп. матем. наук, **4**, в. 4 (1949). [2] В. А. Плисс, ДАН, **111**, № 6 (1956). [3] А. П. Тузов, Вестн. Ленингр. унив., № 2 (1955). [4] Е. А. Барбашин, Н. Н. Красовский, ДАН, 86, № 3 (1952). [5] В. А. Плисс, ДАН **103**, № 1 (1955). [6] В. В. Немыцкий, Тр. Моск. матем. общ., 5 (1956).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

МАТЕМАТИКА

И. Д. СТУПИНА

О СВОЙСТВАХ НЕКОТОРЫХ δs-ОПЕРАЦИЙ

(Представлено академиком П. С. Александровым 21 VI 1956)

В дескриптивной теории множеств получен ряд результатов следующего характера: рассматривается проекция плоского множества и высказываются суждения о дескриптивной природе множества точек проекции, прообразы которых обладают некоторым специальным свойством. Например: если проектируется плоское A-множество, то множество точек, прообразы которых содержат не менее двух точек, есть A-множество (Н. Н. Лузин); множество точек, прообразы которых содержат несчетное множество точек, есть также A-множество (В. Серпинский).

Ряд задач такого же характера был решен П. С. Новиковым ([3]), В. Я. Арсениным ([4, 5]), С. Браун ([6]), К. Кунугуи ([7]). Аналогичные теоремы в теории операций над множествами были установлены А. А. Ляпуновым ([8,9]) и З. И. Козловой ([10,11]).

В настоящей заметке приводятся некоторые результаты в этом направлении*.

Пусть N — жесткая база** некоторой δs-операции. Назовем точку x точкой N-первого типа последовательности множеств $\{E_n\}$, если существует несчетное число цепей базы N, в ядра которых входит точка x. Через $\Phi_{N^{***}}$ обозначается δs-операция, которая отбирает точки N-первого типа. Если каждую цепь N-жесткой базы δs-операции упорядочить в порядке возрастания элементов цепи, то полученную совокупность цепей будем называть жесткой приведенной базой и обозначать через $\check{N}$.

Точка x определяется цепью $\eta = \{n_i\}$ относительно последовательности множеств $\{E_n\}$, если $x \in \prod_{n_i \in \eta} E_{n_i}$.

Пусть $M_x = \{\eta\}$ обозначает для данной последовательности множеств $\{E_n\}$ и базы N множество всех таких цепей $\eta \in \check{N}$, что x определяется цепью η относительно последовательности множеств $\{E_n\}$. Назовем точку x, определяемую δs-операцией Φ_N, точкой N-второго типа, если множество M_x имеет некомпактное замыкание. Через $\Phi_{\check{N}}$ обозначим δs-операцию, отбирающую точки N-второго типа.

Назовем точку x, определяемую δs-операцией Φ_N, точкой N-третьего типа порядка α, если множество M_x не является рассеянным множеством индекса $\leqslant \alpha$. Через $\Phi_{\check{N}_\alpha}$ обозначим δs-операцию, отбирающую точки N-третьего типа порядка α.

Будем рассматривать линейные множества E, являющиеся суммами рассеянного семейства множеств, замыкание которых компактно.

---

* Мы пользуемся обозначениями, введенными в работах ([8—11]).

** В дальнейшем будем рассматривать δs-операции Φ_N с жесткими базами N, принадлежащими беровскому пространству J.

Пусть $E = E^{(0)}$. Если α — трансфинитное число первого рода, то через $E^{(\alpha)}$ обозначается множество, которое получается из множества $E^{(\alpha-1)}$ путем удаления всех его изолированных порций, замыкание которых компактно; если α — трансфинитное число второго рода, то, по определению, $E^{(\alpha)} = \prod_{\alpha'<\alpha} E^{(\alpha')}$. Наименьшее число β такое, что $E^{(\beta)}=0$, называется индексом множества E.

Назовем точку x, определяемую δs-операций Φ_N, точкой N-четвертого типа порядка α, если множество M_x не является суммой рассеянного семейства множеств, замыкание которых компактно, индекса $\leqslant \alpha$. Через $\Phi_{\check{N}^{(\alpha)}_*}$ обозначим δs-операцию, отбирающую точки N-четвертого типа порядка α.

З. И. Козлова показала ([11]), что если N — жесткая база A-операции, то операции $\Phi_{N^{***}}$, $\Phi_{\check{N}_*}$, $\Phi_{\check{N}_\alpha}$, $\Phi_{\check{N}^{(\alpha)}_*}$ не мощнее A-операции.

Теорема 1. *Операции* $\Phi_{N'^{***}_c}$, $\Phi_{N'^{***n}_c}$ *не мощнее* Γ*-операции, где* N'_c *— жесткая база* Γ*-операции.*

Теорема 2. *Операции* $\Phi_{N''^{***}_c}$, $\Phi_{N''^{***n}_c}$ *не мощнее* CA_2*-операции, где* N''_c *— жесткая база* CA_2*-операции.*

Теорема 3. *Если класс множеств* Ξ *и жесткая база* N *находятся во вполне правильном отношении, то справедливы соотношения*

$$\Phi_{\check{N}_*}(\Xi) \subset \Phi_N(\Xi), \quad \Phi_{\check{N}^n_*}(\Xi) \subset \Phi_N(\Xi).$$

Теорема 4. *Если класс множеств* Ξ *инвариантен относительно* δs*-операций* Φ_N*, где база* N *есть* A_2*-множество, то*

$$\Phi_{\check{N}''_\alpha}(\Xi) \subset \Xi.$$

Если же класс множеств Ξ^* *таков, что* $\Phi_{N''}(\Xi^*)$ *входит в класс* A_2*-множеств* Θ*, то*

$$\Phi_{\check{N}''_\alpha}(\Xi^*) \subset \Theta,$$

где N'' *— жесткая база* A_2*-операции.*

Теорема 5. *Если класс множеств* Ξ *инвариантен относительно* δs*-операций* Φ_N*, где база* N *есть* A_2*-множество, то*

$$\Phi_{\check{N}''^{(\alpha)}_*}(\Xi) \subset \Xi.$$

Если же класс множеств Ξ^* *таков, что* $\Phi_{N''}(\Xi^*)$ *входит в класс* A_2*-множеств* Θ*, то*

$$\Phi_{\check{N}''^{(\alpha)}_*}(\Xi^*) \subset \Theta.$$

Из общей теоремы о накрытии множеств З. И. Козловой ([11], теорема 1) и предшествующих результатов вытекают следующие предложения:

Теорема 6. *Для всякой последовательности* CA_2*-множеств* $\{E_n\}$ *таких, что никакая точка множества* $\Phi_N\{E_n\}$ *не является точкой* N*-первого типа, существует такая последовательность* B_2*-множеств* $\{H_n\}$*, что* $H_n \supset E_n$ *и никакая точка множества* $\Phi_N\{H_n\}$ *не является точкой* N*-первого типа, где* N *— жесткая база* Γ*-операции,* CA_2*-операции.*

Теорема 7. *Для всякой последовательности CA_2-множеств $\{E_n\}$ таких, что никакая точка множества $\Phi_N\{E_n\}$ не является точкой N-второго типа, существует такая последовательность B_2-множеств $\{H_n\}$, что $H_n \supset E_n$ и никакая точка множества $\Phi_N\{H_n\}$ не является точкой N-второго типа, где N — жесткая база Г-операции, CA_2-операции.*

В силу утверждения П. С. Новикова ([13]) о том, что в системе Σ аксиом теории множеств К. Гёделя ([12]) непротиворечивы теоремы об отделимости для проективных множеств CA_n при достаточно больших n, можно в смысле непротиворечивости сформулировать аналогичные предложения о накрытии CA_n-множеств.

Поступило
5 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Н. Н. Лузин, Лекции об аналитических множествах и их приложениях, М. 1953. [2] S. Mazurkiewicz, W. Sierpinski, Fund. Math., **6**, 161 (1924). [3] П. С. Новиков, ДАН, **23**, № 9, 863 (1939). [4] В. Я. Арсенин, Изв. АН СССР, сер. матем., № 2, 233 (1939). [5] В. Я. Арсенин, Изв. АН СССР, сер. матем., № 4, 403 (1940). [6] S. Braun, Fund. Math., **20**, 166 (1933). [7] K. Kunugui, J. Faculty Sci. Hokkaido Imp. Univ., ser. I, Math., **7**, № 3—4, 187 (1939); **8**, № 1, 1 (1939). [8] А. А. Ляпунов, Изв. АН СССР, сер. матем., **17**, 563 (1953). [9] А. А. Ляпунов, Тр. Моск. матем. общ., **6**, 195 (1957). [10] З. И. Козлова, Изв. АН СССР, сер. матем., **19**, 125 (1955). [11] З. И. Козлова, Изв. АН СССР, сер. матем., № 3, 349 (1957). [12] Ю. С. Ючан. Матем. сборн., **10** (52), № 3, 151 (1942). [13] П. С. Новиков, Тр. Матем. инст. им. В. А. Стеклова, **38**, 279 (1951). [14] К. Гёдель, Усп. матем. наук, **3**, в. 1 (23), 96 (1948).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

МАТЕМАТИКА

В. М. ТИХОМИРОВ

ОБ ε-ЭНТРОПИИ НЕКОТОРЫХ КЛАССОВ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 17 V 1957)

Рассматривая различные классы F аналитических функций $f(z)$, мы будем специально интересоваться их поведением на отрезке действительной оси $\Delta_T = \{z;\ -T \leqslant z \leqslant +T\}$ (предполагая всегда, что он лежит в области определения $f \in F$) и в соответствии с этим пользоваться метрикой $\rho_T(f_1, f_2) = \max |f_1(z) - f_2(z)|, \quad z \in \Delta_T$.

Как и в заметке А. Н. Колмогорова (1), будем обозначать через $N_\varepsilon^T(F)$ минимальное число элементов ε-покрытия F, т. е. покрытия F множествами, диаметр которых в метрике $\rho_T \leqslant \varepsilon$. Двоичный логарифм $\log N_\varepsilon^T(F) = H_\varepsilon^T(F)$ будем называть ε-энтропией класса F на отрезке Δ_T. Нам представляется существенным наряду с $N_\varepsilon^T(F)$ рассматривать величину $R_\varepsilon^T(F)$, равную максимальному числу элементов ε-различимого в F множества, т. е. множества, содержащегося в F, для любых двух элементов f_1 и f_2 которого $\rho_T(f_1, f_2) > \varepsilon$. $\log_2 R_\varepsilon^T(F) = C_\varepsilon^T(F)$ будем называть ε-емкостью класса F на отрезке Δ_T.

Легко показать, что

$$C_\varepsilon^T(F) \leqslant H_\varepsilon^T(F). \tag{1}$$

Мы рассмотрим следующие классы аналитических функций:

$A_h^T(M)$ — класс функций, аналитических и ограниченных константой M в области G_h^T точек z вида $z = t + u$, $t \in \Delta_T$, $|u| \leqslant h$;

$F_{s,\sigma}^T(M)$ — класс целых функций, удовлетворяющих при любом t из отрезка Δ_T и любом u неравенству $|f(t+u)| \leqslant Me^{\sigma|u|^s}$, $s \geqslant 1$;

$B_\sigma(M)$ — класс целых функций, удовлетворяющих соотношению $|f(z)| \leqslant Me^{\sigma|\operatorname{Im} z|}$. Класс $B_\sigma^T(M)$ было бы естественно обозначить через $F_{1\sigma}^\infty(M)$, так как он совпадает с пересечением всех классов $F_{1\sigma}^T(M)$ с конечными T.

При формулировке результатов мы пользуемся обозначениями Бурбаки $\sim$ и $\underset{\frown}{\sim}$ для сильной и слабой эквивалентности, разъясненными в (1). В некоторое их развитие будем говорить, что $f(\varepsilon, T)$ и $g(\varepsilon, T)$ слабо эквивалентны при $\varepsilon \to 0$ и том или ином условии S на ε и T равномерно по T, если существуют константы $0 < a \leqslant A$ и $\varepsilon \leqslant \varepsilon_0$ такие, что $a \leqslant f(\varepsilon, T)/g(\varepsilon, T) \leqslant A$ при $\varepsilon \leqslant \varepsilon_0$ и паре (ε, T) удовлетворяющей условию S.

Теорема 1*.

$$\frac{2\sigma}{\pi} \log \frac{1}{\varepsilon} \underset{\frown}{\sim} \liminf_{T \to \infty} \frac{1}{2T} H_\varepsilon^T(B_\sigma(M)) \underset{\frown}{\sim} \limsup_{T \to \infty} \frac{1}{2T} H_\varepsilon^T(B_\sigma(M)).$$

* Теоремы 1 — 3 сохраняются без изменений и для функций C_ε^T.

Теорема 2. *Равномерно по* $T \geqslant 0$

$$H_\varepsilon^T\left(A_h^T(M)\right) \asymp \left(\frac{\log(1/\varepsilon)}{\log(1/T+1)}+1\right)\log\frac{1}{\varepsilon}.$$

Теорема 3. *При* $s \geqslant 1$ *равномерно по* $T \geqslant 0$

$$H_\varepsilon^T\left(F_{s,\sigma}^T(M)\right) \asymp \left(\frac{\log(1/\varepsilon)}{\log\left(\frac{\log(1/\varepsilon)^{1/\alpha}}{T}+1\right)}+1\right)\log\frac{1}{\varepsilon}.$$

Правые части эквивалентностей в теоремах 2 и 3 при $T=0$ сч
таются равными $\log(1/\varepsilon)$.

Отметим, что класс $B_\sigma(M)$ в метрике ρ_T (при любом T) являет
замыканием класса $B'_\sigma(M)$ конечных сумм $f(z)=\sum_{k=-n}^{+n} c_k e^{i\lambda_k z}$, подчине
ных на действительной оси условию $|f| \leqslant M$ и с частотами λ_k из о
резка $-\sigma \leqslant \lambda \leqslant +\sigma$ ((2), стр. 160 — 164). Поэтому теорема 1 мож
рассматриваться как одно из обоснований идеи (выдвинутой, по-вид
мому, впервые В. А. Котельниковым (3) и нашедшей широкое призн
ние в теории информации), что количество информации, содержаще
ся в задании на отрезке длины τ функций со спектром, ограниче
ным полосой частот ширины 2σ, при больших τ эквивалентно коли
честву информации в задании $\frac{2\sigma}{\pi}\tau$ действительных чисел.

Отметим также некоторые вытекающие из теорем 2 и 3 слабы
эквивалентности, действующие равномерно по T, при те
или иных ограничениях

$2_а$. $H_\varepsilon^T\left(A_h^T(M)\right) \asymp \log\frac{1}{\varepsilon}\left(1+\frac{\log\varepsilon}{\log T}\right)$ при $T \leqslant T_0$.

$2_б$. $H_\varepsilon^T\left(A_h^T(M)\right) \asymp \log^2\frac{1}{\varepsilon}$ при $0 < T_0 \leqslant T \leqslant T_1$.

$2_в$. $H_\varepsilon^T\left(A_h^T(M)\right) \asymp T\left(\log\frac{1}{\varepsilon}\right)^2$ при $0 < T_0 \leqslant T$.

$3_а$. $H_\varepsilon^T\left(F_{s\sigma}^T(M)\right) \asymp \log\frac{1}{\varepsilon}\left(1+\frac{\log\varepsilon}{\log T}\right)$ при $T \leqslant \frac{c}{(\log(1/\varepsilon))^\alpha}$, $c>0$, $\alpha > \frac{1}{s}$

$3_б$. $H_\varepsilon^T\left(F_{s\sigma}^T(M)\right) \asymp \frac{(\log(1/\varepsilon))^2}{\log\log(1/\varepsilon)}$ при $\frac{c}{(\log(1/\varepsilon))^\alpha} \leqslant T \leqslant c'\left(\log\frac{1}{\varepsilon}\right)^\beta$,
$\alpha>0$, $\beta<\frac{1}{s}$, c, $c'>0$.

$3_в$. $H_\varepsilon^T\left(F_{s\sigma}^T(M)\right) \asymp T\log^{2-1/s}\left(\frac{1}{\varepsilon}\right)$ при $T \geqslant c_1\left(\log\frac{1}{\varepsilon}\right)^\beta$, $\beta \geqslant \frac{1}{s}$, $c_1>0$.

Соотношения $2_б$ и $3_б$ справедливы, в частности, при постоянно
$T>0$ (для постоянного T соотношения $2_б$ указаны в (1)); их сравне
ние показывает, что при постоянном T переход от класса A_h к, каз
лось бы, много более узкому классу $F_{s\sigma}$ мало влияет на порядо
роста H_ε.

Из $2_в$ и $3_в$ вытекают соотношения

2. $\liminf\limits_{T\to\infty}\frac{1}{2T}H_\varepsilon^T\left(A_h^T(M)\right) \asymp \limsup\limits_{T\to\infty}\frac{1}{2T}H_\varepsilon^T\left(A_h^T(M)\right) \asymp \left(\log\frac{1}{\varepsilon}\right)^2$.

3. $\liminf\limits_{T\to\infty}\frac{1}{2T}H_\varepsilon^T\left(F_{s,\sigma}^T(M)\right) \asymp \limsup\limits_{T\to\infty}\frac{1}{2T}H_\varepsilon\left(F_{s\sigma}^T(M)\right) \asymp \left(\log\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2-1/s}$.

Отметим, что 2 и 3 сохраняются при переходе к классам A_h^∞ и $F_{s\sigma}^\infty$. их естественно сопоставить с теоремой 1.

Доказательство теоремы 1. а) Оценка сверху величины $H_\varepsilon\left(B_\sigma^T(M)\right)$. Известно (см., например, [4], стр. 269), что для всякой функции $g(z) \in B_{\sigma'}(M)$, $\sigma' < \pi$, имеет место следующая интерполяционная формула:

$$g(z) = \frac{\sin \pi z}{\pi\omega} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} (-1)^k \frac{g(k) \sin \omega(k-z)}{(k-z)^2}, \tag{2}$$

где $0 < \omega < \pi - \sigma'$.

Очевидно, что, если $f(z) \in B_\sigma(M)$, то $g(z) = f\left(\frac{\sigma'}{\sigma} z\right) \in B_{\sigma'}(M)$, откуда из (2) получаем для $f(z) \in B_\sigma(M)$

$$f(z) = \frac{\sin \frac{\pi\sigma}{\sigma'} z}{\pi\omega} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} (-1)^k \frac{f\left(k\frac{\sigma'}{\sigma}\right) \sin \frac{\omega\sigma}{\sigma'}\left(k\frac{\sigma'}{\sigma} - z\right)}{\left(\frac{\sigma}{\sigma'}\right)^2 \left(k\frac{\sigma'}{\sigma} - z\right)^2}, \quad \sigma' < \pi, \ 0 < \omega < \pi - \sigma'.$$

Фиксируем ω. Подбираем $n = n(\varepsilon, \omega)$ такое, чтобы $\sum\limits_{|s|>n} \frac{1}{s^2} < \frac{\pi}{M} \varepsilon\omega$. Тогда для $t \in \Delta_T$ *

$$\left| \frac{\sin \frac{\pi\sigma}{\sigma'} t}{\pi\omega} \sum_{|k|>n+[T\sigma/\sigma']+1} \frac{f\left(k\frac{\sigma'}{\sigma}\right) \sin \frac{\omega\sigma}{\sigma'}\left(k\frac{\sigma'}{\sigma} - t\right)}{\left(\frac{\sigma}{\sigma'}\right)^2 \left(k\frac{\sigma'}{\sigma} - t\right)^2} \right| \leqslant \frac{M}{\pi\omega} \sum_{|s|>n} \frac{1}{s^2} < \varepsilon. \tag{3}$$

Аппроксимируем $f(z)$ функцией $\tilde{f}(z)$ вида

$$\tilde{f}(z) = \frac{\sin \frac{\pi\sigma}{\sigma'} z}{\pi\omega} \varepsilon \sum_{|k|\leqslant n+[T\sigma/\sigma']+1} (-1)^k \frac{\left(\left[\frac{\operatorname{Re} f\left(k\frac{\sigma'}{\sigma}\right)}{\varepsilon}\right] + i\left[\frac{\operatorname{Im} f\left(k\frac{\sigma'}{\sigma}\right)}{\varepsilon}\right]\right) \sin \frac{\omega\sigma}{\sigma'}\left(k\frac{\sigma'}{\sigma} - z\right)}{\left(\frac{\sigma}{\sigma'}\right)^2 \left(k\frac{\sigma'}{\sigma} - z\right)^2}.$$

Нетрудно показать, что

$$\rho_T(f, \tilde{f}) = \max_{t \ni \Delta_T} |f(t) - \tilde{f}(t)| \leqslant C(\omega)\varepsilon,$$

где $C(\omega)$ — константа, зависящая только от ω.

Для каждой построенной функции $\tilde{f}$ рассмотрим множество $\{U_{\tilde{f}}\}$ функций $f(z)$ таких, что $\rho_T(f, \tilde{f}) \leqslant C(\omega)\varepsilon$. Легко понять, что $\{U_{\tilde{f}}\}$ образует $2C(\omega)\varepsilon$-покрытие пространства $B_\sigma^T(M)$. Число $\overline{N_{\varepsilon T}}$ множеств этого покрытия удовлетворяет неравенству

$$\overline{N_{\varepsilon T}} \leqslant (2[M/\varepsilon] + 1)^{2(2[T\sigma/\sigma']+2n+3)},$$

откуда

$$H_{2C(\omega)\varepsilon}^T\left(B_\sigma(M)\right) \leqslant (4[T\sigma/\sigma'] + n') \log (2[M/\varepsilon] + 1),$$

*[A] — целая часть от A.

где $n' = 4n + 6$, откуда

$$H_\varepsilon^T(B_\sigma(M)) \leqslant (4[T\sigma/\sigma'] + n')\log(2[2MC(\omega)/\varepsilon] + 1). \quad (4$$

Из (4) уже непосредственно вытекает, что

$$\overline{\lim_{\varepsilon\to 0}}\ \overline{\lim_{T\to\infty}} \frac{H_\varepsilon^T(B_\sigma(M))}{2T\log(1/\varepsilon)} \leqslant \frac{2\sigma}{\sigma'} \leqslant \frac{2\sigma}{\pi},$$

так как σ' — произвольное число, меньшее π.

б) Оценка снизу величины $C_\varepsilon^T(B_\sigma(M))$. Пусть $\alpha > 0$, $\sigma' = \sigma - \alpha$, $n = [T\sigma'/\pi]$ и $K = \{(k_{-n}, k'_{-n}), \ldots, (k_0, k'_0), \ldots, (k_n, k'_n)\}$ — набор целых чисел, каждое из которых не превосходит $[M'/\varepsilon]$ (об M' мы позаботимся позже).

Рассмотрим множество функций $\{f_K(z)\}$, где

$$f_K(z) = \varepsilon \sum_{|j|\leqslant n} \frac{(k_j + ik'_j)\sin\sigma'(z - j\pi/\sigma')\sin\alpha(z - j\pi/\sigma')}{\alpha\sigma'(z - j\pi/\sigma')^2}.$$

Легко доказать, что все $f_K(t)$ ограничены одной и той же константой $M'C(\sigma')$, не зависящей от n. Полагаем $M' = M/C(\sigma')$. Кроме того, $f_K(z)$ — экспоненциального роста с показателем $\sigma' + \alpha = \sigma$, следовательно ([2], стр. 151), все они $\in B_\sigma(M)$.

Множество функций $f_K(z)$ ε-различимо. Число $N_{\varepsilon T}$ этих функций равно $(2[M/C\sqrt{2}\varepsilon] + 1)^{2(2[T\sigma'/\pi]+1)}$, откуда $C_\varepsilon^T(B_\sigma(M)) \geqslant \log N_{\varepsilon T} = (4[\sigma - \alpha)T/\pi] - \pi$

$$+ 2)\log(2[M/C\sqrt{2}\varepsilon] + 1). \quad (5$$

Из (5) можно получить, что

$$\underline{\lim_{\varepsilon\to 0}}\ \underline{\lim_{T\to\infty}} = \frac{C_\varepsilon^T(B_\sigma(M))}{2T\log(1/\varepsilon)} \geqslant \frac{2(\sigma - \alpha)}{\pi} \geqslant \frac{2\sigma}{\pi},$$

так как α произвольно.

Воспользовавшись (1), получим окончательно

$$\liminf_{T\to\infty} \frac{H_\varepsilon^T(B_\sigma(M))}{2T} \sim \limsup_{T\to\infty} \frac{H_\varepsilon^T(B_\sigma(M))}{2T} \sim \frac{2\sigma}{\pi}\log\frac{1}{\varepsilon}.$$

Схема доказательства теорем 2 и 3 та же, что и теоремы 1. Оценки сверху получаются аппроксимацией коэффициентов рядов Тейлора, оценки снизу для T малых (в теореме 2 для $T \leqslant \lambda h$, в теореме 3 для $T \leqslant \lambda(\log(1/\varepsilon))^{1/s}$, где λ — некоторое число) получаются рассмотрением интерполяционных многочленов, для T больших — тригонометрическим интерполированием.

В заключение считаю своим приятным долгом выразить благодарность А. Н. Колмогорову, поставившему рассмотренные задачи и уделившему много внимания работе.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
17 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. Н. Колмогоров, ДАН, 108, № 3 (1956). [2] Н. И. Ахиезер, Лекции по теории аппроксимации, 1947. [3] В. А. Котельников, Материалы к 1-му Всесоюзн. съезду по вопросу реконструкции связи. [4] В. Я. Левин, Распределение корней целых функций, 1956.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

МАТЕМАТИКА

ЧЖОУ ЮЙ-ЛИНЬ

КРАЕВЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

(Представлено академиком И. Г. Петровским 25 V 1957)

В заметке рассмотрены краевые задачи с нелинейными граничными условиями для квазилинейного параболического уравнения с двумя независимыми переменными и вторая краевая задача для квазилинейного параболического уравнения в случае многих независимых переменных. Решение этих задач получено в целом, т. е. для любого заданного промежутка изменения времени t. Первая краевая задача для квазилинейного параболического уравнения рассмотрена в работах ([1–5]). Для решения краевых задач, рассмотренных в настоящей работе, мы пользуемся методом Роте ([6]). Для доказательства сходимости последовательности функций, построенной по методу Роте, к решению краевой задачи мы пользуемся методом вспомогательных функций, аналогично тому, как это сделано в работах ([1,4]). Кроме того, в настоящей заметке даны априорные оценки производных решений квазилинейных эллиптических и параболических уравнений, аналогичные оценкам С. Н. Бернштейна ([7]).

Мы используем следующие обозначения: через $C^{(n,\lambda)}(\overline{D})$ мы будем обозначать класс функций, обладающих в замкнутой области $\overline{D}$ производными порядка n, удовлетворяющими условию Гельдера с показателем λ. Будем говорить, что замкнутая область $\overline{D}$ принадлежит классу $C^{(n,\lambda)}$, если граница $\mathfrak{F}D$ области D допускает локальное параметрическое представление с помощью функций, принадлежащих классу $C^{(n,\lambda)}$.

Теорема 1. *В прямоугольнике* $R\{0\leqslant t\leqslant T;\ 0\leqslant x\leqslant X\}$ *существует единственное решение уравнения*

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}=A(x,t,u)\frac{\partial u}{\partial t}+F\left(x,t,u,\frac{\partial u}{\partial x}\right), \tag{1}$$

непрерывное вместе с первой производной по x *в* R, *обладающее непрерывными производными второго порядка по* x *и первого порядка по* t *внутри* R *и удовлетворяющее краевым условиям*

$$u(x,0)=\varphi(x),\quad u'_x(0,t)=\psi_0(t,u(0,t)),\quad u'_x(X,t)=\psi_1(t,u(X,t)),$$

если выполнены следующие предположения:

1) *В прямоугольнике* R *для всех значений* u $A(x,t,u)\geqslant a>0$, $F'_u(x,t,u,0)\geqslant c$, *где* a *и* c *— некоторые постоянные.*

2) *В области* $G\{0\leqslant x\leqslant X;\ 0\leqslant t\leqslant T;\ |u|\leqslant M_1;\ |p|<\infty\}$, *где* $M_1=e^{\alpha T}\left\{\max|\varphi(x)|+\frac{2T}{a}\max|F(x,t,0,0)|\right\}$ *и* α *такое, что* $^1/_2\alpha a+c>0$, *существуют непрерывные производные второго порядка по* x,u,p *от функций* $A(x,t,u)$ *и* $F(x,t,u,p)$, *удовлетворяющие условию Липшица по* t,u,p.

3) *Функция* $F(x, t, u, p)$ *и ее производные по* x, u *в области* $($ *имеют порядок роста по* p *меньше двух, а функция* $F'_p(x,t,u,p)$ – *меньше единицы.*

4) *Функция* $\varphi(x)$ *на отрезке* $[0, X]$ *имеет непрерывную производную третьего порядка. Функции* $\psi_0(t, u)$ *и* $\psi_1(t, u)$ *удовлетворяют условиям* $\psi'_{0u}(t, u) \geqslant 0$, $\psi'_{1u}(t, u) \leqslant 0$, $\psi_0(t, 0) \equiv \psi_1(t, 0) \equiv 0$. *В области* $\{0 \leqslant t \leqslant T;\ |u| \leqslant M_1\}$ *функции* $\psi_0(t, u)$, $\psi_1(t, u)$ *имеют непрерывные производные по* u *второго порядка и по* t *первого порядка.*

5) *Выполнены условия согласования*

$$\varphi'(0) = \psi_0(0, \varphi(0)), \quad \varphi'(X) = \psi_1(0, \varphi(X)). \tag{3}$$

Теорема 2. *В прямоугольнике* R *существует единственное решение уравнения* (1), *непрерывное в* R *вместе с производными, входящими в уравнение, и удовлетворяющее краевым условиям*

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad u'_t(0, t) = \psi_0(t, u(0, t), u'_x(0, t)),$$
$$u'_t(X, t) = \psi_1(t, u(X, t), u'_t(X, t)), \tag{6}$$

если выполнены следующие предположения:

1) *В прямоугольнике* R *для всех значений* u, p $A(x, t, u) \geqslant a > 0$, $F'_u(x, t, u, p) \geqslant c$,

$$\psi'_{0p}(t, u, p) \geqslant \alpha_0 > 0, \quad \psi'_{0u}(t, u, 0) \leqslant \beta_0, \quad \psi_0(t, 0, 0,) \equiv 0,$$
$$\psi'_{1p}(t, u, p) \leqslant -\alpha_1 < 0, \quad \psi'_{1u}(t, u, 0) \leqslant \beta_1, \quad \psi_1(t, 0, 0) \equiv 0, \tag{7}$$

где $a, c, \alpha_0, \alpha_1, \beta_0, \beta_1$ — *некоторые постоянные.*

2) *В области* $G\{0 \leqslant x \leqslant X;\ 0 \leqslant t \leqslant T;\ |u| \leqslant M_1;\ |p| < \infty\}$, *где* $M_1 = \max\left\{ e^{\alpha T} \max \frac{|F(x,t,0,0)|}{{}^1/_2 \alpha a + c};\ e^{\alpha T} \max |\varphi(x)| \right\}$ *и* α *такое, что* ${}^1/_2 \alpha a + c > 0$ *существуют непрерывные производные третьего порядка по* x, u, p *от функций* $A(x, t, u)$, $F(x, t, u, p)$ *причем функции* $A(x, t, u)$, $F(x, t, u, p)$ *вместе с их производными до второго порядка по* x, u, p *удовлетворяют условию Липшица по* t.

3) *Функции* F, F'_x, F'_u *в области* G *имеют порядок роста по* p *меньше двух, а функция* F'_p — *меньше единицы.*

4) *Функция* $\varphi(x)$ *на отрезке* $[0, X]$ *имеет непрерывную производную четвертого порядка, а функции* $\psi_0(t, u, p)$, $\psi_1(t, u, p)$ *имеют по* u, p *непрерывные производные второго порядка и по* t *первого порядка, причем функции* $\psi_0(t, u, p)$, $\psi_1(t, u, p)$ *имеют порядок роста по* p *меньше двух.*

5) *Выполнены условия согласования*

$$\varphi''(0) = A(0, 0, \varphi(0))\,\psi_0(0, \varphi(0), \varphi'(0)) + F(0, 0, \varphi(0), \varphi'(0)),$$
$$\varphi''(X)] = A(X, 0, \varphi(X))\psi_1(0, \varphi(X), \varphi'(X)) + F(X, 0, \varphi(X), \varphi'(X)).$$

Теорема 3. *В цилиндре* $Q\{0 \leqslant t \leqslant T;\ x \in \overline{D}\}$ *существует единственное решение* $u(x, t)$ *уравнения*

$$\sum_{i,j=1}^{N} a_{ij}(x, t) \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j} + \sum_{i=1}^{N} b_i(x, t, u) \frac{\partial u}{\partial x_i} + f(x, t, u) = \frac{\partial u}{\partial t}, \tag{2}$$

непрерывное в Q *вместе со своими первыми производными по* x_k,

обладающее непрерывными производными первого порядка по t и второго порядка по x_k внутри цилиндра Q и удовлетворяющее граничным условиям

$$u(x, 0) = u_0(x) \qquad \text{при } x \in \bar{D},$$

$$\sum_{i,j=1}^{N} a_{ij}(x, t) \cos(\gamma, x_i) \frac{\partial u}{\partial x_j} + \psi(x, t) u = 0 \text{ при } x \in \mathfrak{F}D, \quad 0 \leqslant t \leqslant T, \qquad (3)$$

где γ — внутренняя нормаль к границе $\mathfrak{F}D$, если выполнены следующие предположения:

1) *В цилиндре Q выполняется неравенство* $\sum_{i,j=1}^{N} a_{ij}\eta_i\eta_j \geqslant a \sum_{i=1}^{N} \eta_i^2$ $(a > 0)$ *и для* $(x, t) \in Q$ *и всех значений* u $f'_u(x, t, u) \leqslant c$, *где* a, c — *постоянные.*

2) *Функции* $a_{ij}(x, t)$ *как функции* x_k *принадлежат классу* $C^{(5,\lambda)}(\bar{D})$, *функции* $b_i(x, t, u)$, $f'_u(x, t, u)$, $f(x, t, 0)$ *в области* $H\{0 \leqslant t \leqslant T;\ x \in \bar{D};$ $|u| \leqslant M_1\}$, *где* $M_1 = e^{\alpha T}\left\{\max_{\bar{D}} |u_0(x)| + 2T \max_{Q} |f(x, t, 0)|\right\}$, $^1/_2\alpha - c > 0$, $\geqslant 0$, *принадлежат классу* $C^{(4,\lambda)}$ *как функции* x_k, u. *Кроме того, функции* $a_{ij}(x, t)$ *вместе с производными до третьего порядка по* x_k *имеют производные по* t, *удовлетворяющие условию Липшица по* t Q, *а функции* $b_i(x, t, u)$, $f'_u(x, t, u)$, $f(x, t, 0)$ *вместе со вторыми производными по* x_k, *и удовлетворяют условию Липшица по* t *в* H.

3) *Область* $\bar{D}$ *принадлежит классу* $A^{(6,\lambda)}$.

4) *Функция* $u_0(x)$ *принадлежит классу* $C^{(6,\lambda)}(\bar{D})$. *Функция* $\psi(x,t) \geqslant 0$ *принадлежит классу* $C^{(5,\lambda)}\,\mathfrak{F}(D)$ *и вместе с третьими производными по локальным координатам границы области имеет производную по* t, *удовлетворяющую условию Липшица по* t.

5) *Выполнено условие согласования*

$$\sum_{i,j=1}^{N} a_{ij}(x, 0) \cos(\gamma, x_i) \frac{\partial u_0(x)}{\partial x_j} + \psi(x, 0) u_0(x) = 0 \quad \text{при } x \in \mathfrak{F}D.$$

Доказывается, что решение задачи (2), (3) может быть получено как предел при $\Delta t \to 0$ решений следующей системы эллиптических уравнений:

$$\sum_{i,j=1}^{N} a_{ij}(x, n\Delta t) \frac{\partial^2 u(x, n\Delta t)}{\partial x_i \partial x_j} + \sum_{i=1}^{N} b_i\left(x, n\Delta t, u\left(x, (n-1)\Delta t\right)\right) \frac{\partial u(x, n\Delta t)}{\partial x_i} +$$

$$+ c(x, n\Delta t, u(x, (n-1)\Delta t))\, u(x, n\Delta t) + f(x, n\Delta t) =$$

$$= \frac{u(x, n\Delta t) - u(x, (n-1)\Delta t)}{\Delta t};$$

$$u(x, 0) = u_0(x) \qquad \text{при } x \in \bar{D},$$

$$\sum_{i,j=1}^{N} a_{ij}(x, n\Delta t) \cos(\gamma, x_i) \frac{\partial u(x, n\Delta t)}{\partial x_j} + \psi(x, n\Delta t)\, u(x, n\Delta t) = 0 \quad \text{при } x \in \mathfrak{F}D,$$

где $c(x, t, u) = \int_0^1 f'_u(x, t, \tau u)\, d\tau$.

Доказательство существования принадлежащего классу $C^{(6,\lambda)}(\bar{D})$ решения этой системы основано на следующей теореме, аналогичной теореме Шаудера ([8]).

Теорема 4. *Пусть область $\bar{D}$ принадлежит классу $A^{(n+1,\lambda)}$, $n \geqslant 3$, $0 < \lambda < 1$. Тогда вторая краевая задача для уравнения*

$$\sum_{i,j=1}^{N} a_{ij}(x)\frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j} + \sum_{i=1}^{N} b_i(x)\frac{\partial u}{\partial x_i} + c(x)u = f(x)$$

с граничным условием

$$\sum_{i,j=1}^{N} a_{ij}(x)\cos(\gamma, x_i)\frac{\partial u}{\partial x_j} + \psi(x)u = \varphi(x)$$

в области D имеет единственное решение $u(x)$, принадлежащее классу $C^{(n,\lambda)}(\bar{D})$, если коэффициенты $a_{ij}(x) \in C^{(n,\lambda)}(\bar{D})$, $b_i(x)$, $c(x)$, $f(x) \in C^{(n-2,\lambda)}(\bar{D})$, $\psi(x)$, $\varphi(x) \in C^{(n-1,\lambda)}(\mathfrak{F}D)$, функции $\psi(x)$, $c(x)$ неположительны и хотя бы одна из них не равна тождественно нулю.

Теорема 5. *Пусть $u(x,t) \in C^{(n+2)}(Q)$ и является ограниченным в цилиндре Q решением квазилинейного параболического уравнения*

$$L(u) \equiv \sum_{i,j=1}^{N} a_{ij}(x,t)\frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j} + f\left(x, t, u, \frac{\partial u}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial u}{\partial x_N}\right) = \frac{\partial u}{\partial t}$$

$(a_{ij}, f \in C^{(n)})$ и пусть функции $|f(x,t,u,p_1,\ldots,p_N)|$, $|f'_{x_k}(x,t,u,p_1,\ldots,p_N)|$, $|f'_u(x,t,u,p_1,\ldots,p_N)|$ не превосходят $p^2\varepsilon(p)$ и $|f'_{p_i}(x,t,u,p_1,\ldots,p_N)| \leqslant p\varepsilon(p)$ $(i,k=1,2,\ldots,N)$, где $p = \left[\sum_{k=1}^{N} p_k^2\right]^{1/2}$, $\varepsilon(p)$ — некоторая монотонно убывающая функция, стремящаяся к нулю при $p \to \infty$. Тогда имеет место неравенство

$$\left|\frac{\partial^n u(x,t)}{\partial x_{i_1} \ldots \partial x_{i_n}}\right| \leqslant C$$

в любой замкнутой строго внутренней по отношению к Q области $\{x \in \bar{D}_1 \subset D,\ 0 < \delta \leqslant t \leqslant T\}$, где C зависит от $\max_Q |u(x,t)|$, n, δ и расстояния между границами областей D_1 и D.

В случае двух независимых переменных эта теорема справедлива для уравнения вида $\frac{\partial^2 u}{\partial x_2} = A(x,t,u)\frac{\partial u}{\partial t} + F\left(x,t,u,\frac{\partial u}{\partial x}\right)$. Аналогичная теорема доказана также для квазилинейного эллиптического уравнения вида $L(u) = 0$.

В заключение выражаю глубокую благодарность моему научному руководителю О. А. Олейник.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
25 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] О. А. Олейник, Т. Д. Вентцель, Матем. сборн., **41**, № 1, 105 (1957). [2] C. Ciliberto, Ricerche mat., **3**, 129 (1954). [3] О. А. Ладыженская, ДАН, **107**, № 5, 636 (1956). [4] Т. Д. Вентцель, Матем. сборн., **41** (83), № 4 (1957). [5] E. Gagliardo, Ricerche mat., **5**, 239 (1956). [6] E. Rothe, Math. Ann., **102**, 650 (1930). [7] С. Н. Бернштейн, ДАН, **18**, № 7, 385 (1938). [8] J. Schauder, Math. Zs., 38, 257 (1934).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ГИДРОМЕХАНИКА

А. Г. КУЛИКОВСКИЙ

ОБ ОБТЕКАНИИ НАМАГНИЧЕННЫХ ТЕЛ ПРОВОДЯЩЕЙ ЖИДКОСТЬЮ

(Представлено академиком Л. И. Седовым 17 VI 1957)

Если проводимость жидкости бесконечна, то набегающий поток, в котором магнитное поле предполагается отсутствующим, не может проникнуть в область, занятую магнитным полем (при бесконечной проводимости магнитные силовые линии «вморожены» в жидкость). Отсюда следует, что обтекаемая область состоит из намагниченного тела и «каверны» — области, в которой находится магнитное поле. Эта область может быть пустой и может быть заполнена жидкостью. Будем для определенности считать, что каверна заполнена обтекающей жидкостью, так как при большой, но конечной проводимости жидкость хотя и медленно, но может проникать внутрь каверны.

Рассмотрим случай стационарного обтекания. Внутри каверны, вообще говоря, возможно установившееся движение жидкости, но в дальнейшем будем считать, что жидкость покоится внутри каверны, и будем разыскивать форму каверны и магнитное поле в ней. Заметим, что скорость в каверне обязательно равна нулю, когда все магнитные силовые линии начинаются и кончаются на теле. Полагая в уравнениях магнитной гидродинамики $v = 0$, получим:

$$\operatorname{div} \mathbf{H} = 0, \quad \operatorname{grad} p_{\text{кв}} = \frac{1}{4\pi} [\operatorname{rot} \mathbf{H} \cdot \mathbf{H}], \tag{1}$$

где $p_{\text{кв}}$ — давление в каверне, причем на границе каверны с потоком должны выполняться условия ($p_{\text{п}}$ — давление в потоке, $\mathbf{n}$ — единичный век-

$$(\mathbf{H} \cdot \mathbf{n}) = 0, \quad p_{\text{п}} = p_{\text{кв}} + \frac{1}{8\pi} H^2 \tag{2}$$

тор нормали). Первое условие вытекает из отсутствия источников магнитного поля и выполняется на всей границе обтекаемой области, а второе выражает факт равенства нормальных напряжений (касательное магнитное напряжение автоматически равно нулю при выполнении первого условия (2)).

Внутри тела может быть задано магнитное поле (например, когда проводимость тел бесконечна), либо в теле могут быть заданы токи

$$\mathbf{j}_{\text{т}} = \frac{c}{4\pi} \operatorname{rot} \mathbf{H}, \tag{3}$$

и напряженность магнитного поля в теле должна быть определена из решения задачи. При этом на границе тела с каверной нормальные составляющие векторов $\mathbf{H}$ и $\operatorname{rot} \mathbf{H}$ должны быть непрерывны вдоль нормали.

Но уравнения (1) со своими граничными условиями и условиями внутри тела не дают однозначного решения задачи. Действительно, ста-

ционарное движение, рассматриваемое как возникшее из состояния покоя, может зависеть от того, как было «вморожено» магнитное поле в жидкость в исходном состоянии.

Для того чтобы решение задачи не зависело от исходного состояния, а зависело только от условий внутри тела, наложим на магнитное поле следующие дополнительные условия (что, вообще говоря, не обязательно).

Пусть внутри каверны

$$\operatorname{rot}\operatorname{rot}\mathbf{H}=0, \tag{4}$$

а на границе каверны с потоком

$$[\operatorname{rot}\mathbf{H}\cdot\mathbf{n}]=0. \tag{5}$$

Эти условия получились при попытке выделить то решение, к которому стремятся стационарные решения с конечной постоянной проводимостью σ при $\sigma\to\infty$. При этом предполагалось, что в окрестности тела имеется область, где $\mathbf{v}\to 0$, а также, что в обобщенном законе Ома

$$\mathbf{j}=\sigma\left\{\mathbf{E}+\frac{1}{c}[\mathbf{v}\cdot\mathbf{H}]\right\}$$

последний член стремится к нулю при $\sigma\to\infty$

Уравнения (4) и (3) можно объединить в одно уравнение, описывающее магнитное поле во всей обтекаемой области:

$$\operatorname{rot}\operatorname{rot}\mathbf{H}=\frac{4\pi}{c}\operatorname{rot}\mathbf{j}_{\tau}, \tag{6}$$

где $\mathbf{j}_\tau$ — функция, совпадающая с токами внутри тела и равная нулю вне тела, причем на границе тела с потоком, если такая существует, должен быть задан сам вектор $\mathbf{j}_\tau$.

Покажем теперь, что если форма каверны заранее известна и обтекаемая область конечна, то уравнение (6) с первым уравнением (1) и своими граничными условиями может иметь только единственное решение. Для этого покажем, что разность двух решений $\mathbf{H}_1-\mathbf{H}_2=\mathbf{H}_3$ равна нулю. Действительно, $\mathbf{H}_3$ всюду в обтекаемой области удовлетворяет уравнению (4) и на всей ее границе удовлетворяет условию (5) и первому условию (2). Отсюда заключаем, что

$$\operatorname{rot}\mathbf{H}_3=\operatorname{grad}f \tag{7}$$

и что на границе $f=\text{const}$. Беря div от обеих частей равенства (7), получим $\Delta f=0$, а, следовательно, всюду в обтекаемой области $\operatorname{grad}f=0$. Тогда из равенства (7) следует, что $\mathbf{H}_3=\operatorname{grad}\psi$, и, учитывая первое равенство (1), получим $\Delta\psi=0$, а на границе, в силу первого условия (2), будет выполняться равенство $\partial\psi/\partial n=0$. Следовательно, $\psi=\text{const}$ и $\mathbf{H}_3=0$.

Уравнение (6) упрощается, когда задача плоская или осесимметрическая. Введем в плоском случае координаты x, y, z (оси x и y лежат в плоскости симметрии), а в осесимметрическом случае — координаты x, y, φ (ось x совпадает с осью симметрии). В обоих случаях токи внутри каверны $\boldsymbol{j}=\frac{c}{4\pi}\operatorname{rot}\mathbf{H}$ лежат в плоскости xy. Это следует из равенств (4) и (5), а также из того, что в набегающем потоке $\mathbf{H}=0$. Поэтому уравнение (6) можно записать в следующем виде:
в плоском случае

$$\frac{\partial H_y}{\partial x}-\frac{\partial H_x}{\partial y}=\frac{4\pi}{c}j_{\tau z},$$

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 H_z}{\partial y^2}=\frac{4\pi}{c}\left(\frac{\partial j_{\tau x}}{\partial y}-\frac{\partial j_{\tau y}}{\partial x}\right);$$

осесимметрическом случае

$$\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} = \frac{4\pi}{c} j_{т\varphi},$$

$$\frac{\partial^2 H_\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{1}{y}\frac{\partial}{\partial y}(yH_\varphi)\right] = \frac{4\pi}{c}\left(\frac{\partial j_{тx}}{\partial y} - \frac{\partial j_{ту}}{\partial x}\right),$$

ричем условие (5) будет иметь вид:
плоском случае

$$\frac{\partial H_z}{\partial n} = 0,$$

осесимметрическом случае

$$\frac{\partial H_\varphi}{\partial n} + \frac{H_\varphi}{y} n_y = 0,$$

где $\mathbf{n} = \mathbf{i}n_x + \mathbf{j}n_y$ — единичный вектор нормали. Если $\partial j_{тx}/\partial y - \partial j_{ту}/\partial x = 0$, то H_z и H_φ могут быть равны нулю, и задача в этом случае сводится интегрированию двух уравнений

$$\operatorname{rot}\mathbf{H} = \mathbf{j}_т, \quad \operatorname{div}\mathbf{H} = 0,$$

из второго уравнения (1) получим $p_{кв} = \text{const}$.

Рассмотрим несколько простейших примеров, предполагая, что $H_z = 0$ и $H_\varphi = 0$.

1. Обтекание несжимаемой жидкостью плоского магнитного диполя, расположенного перпендикулярно потоку. Обтекаемая поверхность представляет собой цилиндр, радиус которого обозначим через a. Магнитное поле внутри цилиндра и скорость жидкости вне его даются формулами

$$\mathbf{H} = \operatorname{grad} H_0 y\left(1 - \frac{a^2}{x^2+y^2}\right), \quad \mathbf{v} = \operatorname{grad} U_0 x\left(1 + \frac{a^2}{x^2+y^2}\right),$$

где U_0 и H_0 — постоянные, связанные соотношением

$$H_0^2 = 8\pi\rho U_0^2.$$

Давление внутри цилиндра $p_к$ постоянно и связано с давлением торможения набегающего потока p_0 следующим образом:

$$p_0 - p_к = \frac{1}{4\pi} H_0^2.$$

2. Сверхзвуковое обтекание клина, по поверхности которого течет ток постоянной плотности i параллельно ребру клина. Будем для определенности считать, что по разным граням клина ток течет в противоположные стороны. Картина обтекания и поведения магнитных силовых линий представлена на рис. 1.

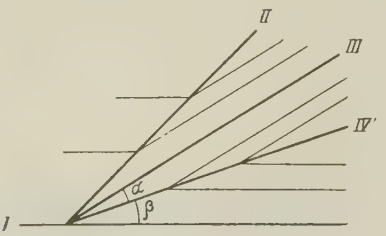


Рис. 1

Прямая I представляет плоскость симметрии, прямая II — ударную волну, прямая III — границу каверны и прямая IV — границу клина. Линии тока после ударной волны идут параллельно границе каверны; давление внешнего потока $p_п$ постоянно. Магнитные силовые линии в каверне идут параллельно ее границе, а напряженность магнитного поля

$H_{кв}$ постоянна. Давление в каверне связано с давлением в потоке соотно-шением

$$p_{п} = p_{кв} + \frac{1}{8\pi} H_{кв}^2.$$

Внутри клина напряженность магнитного поля $H_{кл}$ постоянна и связана с $H_{кв}$ и i соотношениями

$$H_{кв} \sin \alpha = H_{кл} \sin \beta, \quad i = \frac{c}{4\pi} (H_{кв} \cos \alpha + H_{кл} \cos \beta).$$

Легко видеть, что минимальная сила тока, необходимая для поддержания разности давлений $p_{п} - p_{кв}$, достигается при $\alpha = 0$ и равна

$$i_{мин} = \frac{c}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{p_{п} - p_{кв}}.$$

$i_{мин}$ — очень большая величина; так, например, если $p_{п} - p_{кв} = 1$ ат то $i_{мин} = 4000$ а/см.

Итак, необходимым условием существования каверны является $i > i_{мин}$. В противном случае каверна отсутствует и происходит обычное обтекание клина.

3. Сверхзвуковое обтекание конуса, по поверхности которого течет ток постоянной плотности i в направление которого перпендикулярно образующей конуса. Картина обтекания остается приблизительно той же, но линии тока за ударной волной и магнитные силовые линии в каверне перестают быть прямыми. Поведение магнитных силовых линий в каверне дается формулами

$$H_r = C_1 \left(1 + \cos \theta \ln \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}\right) + C_2 \cos \theta,$$

$$H_\theta = C_1 \left(\operatorname{ctg} \theta - \sin \theta \ln \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}\right) - C_1 \sin \theta.$$

Здесь H_r — компонента напряженности магнитного поля вдоль радиуса-вектора, проведенного из вершины конуса; θ — угол радиуса-вектора с осью симметрии; H_θ — компонента магнитной напряженности, перпендикулярная H_r. Постоянные C_1 и C_2 определяются из условий на границе каверны (при $\theta = \alpha + \beta$)

$$H_\theta = 0, \quad p_{п} = p_{кв} + \frac{1}{8\pi} H_r^2.$$

Внутри конуса напряженность магнитного поля постоянна, а магнитные силовые линии параллельны оси симметрии. Плотность поверхностного тока i определяется из равенства

$$i = \frac{c}{4\pi} (H_{кв\,\tau} - H_{кн\,\tau}),$$

где $H_{кв\,\tau}$ и $H_{кн\,\tau}$ — касательные составляющие напряженностей магнитного поля каверны и конуса на поверхности конуса. Для конуса также существует $i_{мин}$, который выражается той же формулой, что и для клина.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
2 VI 1957

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

И. И. ВОРОВИЧ

О СУЩЕСТВОВАНИИ РЕШЕНИЙ В НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ ОБОЛОЧЕК

(Представлено академиком С. Л. Соболевым 31 V 1957)

1. В работах ([1],[2]) показано существование решений задачи о больших прогибах оболочки, срединная поверхность которой мало отличается от плоскости и при наличии только поперечной нагрузки. В данной заметке рассматривается общий случай. Кроме того, здесь будет применен новый способ доказательства теоремы существования, позволяющий попутно установить некоторые общие свойства решений.

2. Пусть срединная поверхность оболочки S дается уравнением $\mathbf{r} = \mathbf{r}(\alpha, \beta)$, причем выполнены следующие условия:

1) $\alpha, \beta \in \bar{\Omega}$, где $\bar{\Omega}$ — некоторая ограниченная область плоскости α, β;

2) граница Ω Γ_2 состоит из конечного числа дуг, на каждой из которых касательная вращается непрерывно;

3) S имеет изотермическую сеть α_1, β_1, причем $\alpha = \alpha(\alpha_1, \beta_1)$, $\beta = \beta(\alpha_1, \beta_1)$ таковы, что $\partial(\alpha, \beta)/\partial(\alpha_1, \beta_1) \neq 0$, если $\alpha_1, \beta_1 \in \bar{\Omega}_1$. Кроме того*, $m_1 \leqslant |A| \leqslant m_2$, $m_1 \leqslant |B| \leqslant m_2$, $C = 0$.

4) $\mathbf{r}$, α_1, β_1 имеют в Ω непрерывные производные третьего порядка;

5) внешние массовые силы $X, Y, Z \in L_p$; $p > 1$.

Условие 3) дано в целях упрощения изложения результатов и может быть сильно ослаблено.

3. В основу теории положим соотношения

$$\varepsilon_1 = \frac{u_\alpha}{A} + \frac{A_\beta v}{AB} - \frac{w}{R_1} + \frac{w_\alpha^2}{2A^2}; \quad \varepsilon_2 = \frac{v_\beta}{B} + \frac{B_\alpha u}{AB} - \frac{w}{R_2} + \frac{w_\beta^2}{2B^2};$$

$$\omega = \frac{A}{B}\left(\frac{u}{A}\right)_\beta + \frac{B}{A}\left(\frac{v}{B}\right)_\alpha + \frac{2w}{R_{12}} + \frac{w_\alpha w_\beta}{AB}; \tag{1}$$

$$\varkappa_1 = \frac{1}{A}\left(\frac{w_\alpha}{A}\right)_\alpha + \frac{A_\beta}{AB^2} w_\beta; \quad \varkappa_2 = \frac{1}{B}\left(\frac{w_\beta}{B}\right)_\beta + \frac{B_\alpha}{A^2 B} w_\alpha;$$

$$\tau = \frac{w_{\alpha\beta}}{AB} - \frac{B_\alpha w_\alpha}{AB^2} - \frac{A_\beta w_\beta}{A^2 B}. \tag{2}$$

Связь между усилиями и компонентами деформации берем в форме, предложенной в ([4]) (стр. 50). В соответствии с этим уравнения равновесия упростим по способу Муштари. В результате для u, v, w получим систему

* Обозначения взяты из ([3]).

$$R_1(u,\ v) = B\left\{\frac{1}{AB}[(Bu)_\alpha + (Av)_\beta]\right\}_\alpha +$$

$$+\frac{1-\nu}{2} A\left\{\frac{1}{AB}[(Au)_\beta - (Bv)_\alpha]\right\}_\beta + \frac{1-\nu}{R_1R_2}u = f_1\{w\}; \quad (3)$$

$$R_2(u,\ v) = A\left\{\frac{1}{AB}[(Av)_\beta + (Bu)_\alpha]\right\}_\beta +$$

$$+\frac{1-\nu}{2} B\left\{\frac{1}{AB}[(Bv)_\alpha - (Au)_\beta]\right\}_\alpha + \frac{1-\nu}{R_1R_2}v = f_2\{w\}; \quad (4)$$

$$R_3 w = \nabla^4 w = f_3\{u,\ v,\ w\}. \quad (5)$$

В (3), (4), (5) $f_1\{w\}$, $f_2\{w\}$ — некоторые операторы над u, $f_3\{u, v, w\}$ — некоторый оператор над u, v, w.

Для примера рассмотрим граничные условия

$$u|_{\Gamma_\Omega} = v|_{\Gamma_\Omega} = 0; \quad (6)$$

$$w\Big|_{\Gamma_\Omega} = \frac{\partial w}{\partial n}\Big|_{\Gamma_\Omega} = 0. \quad (7)$$

4. Пусть C_1 содержит функции w, имеющие в Ω вторые непрерывные производные и удовлетворяющие условиям (7). На C_1 зададим скалярное произведение

$$(w_1 \cdot w_2)_{H_{1\Omega}} = \int_\Omega [\varkappa_1^{(1)}(\varkappa_1^{(2)} + \nu\varkappa_2^{(2)}) + \varkappa_2^{(1)}(\varkappa_2^{(2)} + \nu\varkappa_1^{(2)}) + 2(1-\nu)\tau^{(1)}\cdot\tau^{(2)}]\, AB\, d\alpha\, d\beta. \quad (8)$$

В (8) $\varkappa_1^{(i)}$, $\varkappa_2^{(i)}$, $\tau^{(i)}$ получаются из (2) подстановкой $w = w_i$, $i = 1, 2$. Замыкание C_1 в норме (8) назовем $H_{1\Omega}$.

Пусть C_2 — множество вектор-функций $\vec{\omega}^*(u, v)$ таких, что u, v имеют в $\bar{\Omega}$ непрерывные первые производные и удовлетворяют условиям (6). На C_2 зададим скалярное произведение

$$(\vec{\omega}_1^* \cdot \vec{\omega}_2^*)_{H_{2\Omega}} = \int_\Omega \left[\vec{\varepsilon}_1^{(1)}(\vec{\varepsilon}_1^{(2)} + \nu\vec{\varepsilon}_2^{(2)}) + \vec{\varepsilon}_2^{(1)}(\vec{\varepsilon}_2^{(2)} + \nu\vec{\varepsilon}_1^{(2)}) + \frac{1-\nu}{2}\vec{\omega}^{(1)}\cdot\vec{\omega}^{(2)}\right] AB\, d\alpha\, d\beta. \quad (9)$$

В (9) $\vec{\varepsilon}_1^{(i)}$, $\vec{\varepsilon}_2^{(i)}$, $\vec{\omega}$ вычисляются по формулам (1), куда подставляются $u = u_i$, $v = v_i$, $w \equiv 0$, $i = 1, 2$. Замыкание C_2 в норме (9) назовем $H_{2\Omega}$.

Через $H_{3\Omega}$ будем обозначать пространство вектор-функций $\vec{\omega}(u, v, w)$ таких, что $w \in H_{1\Omega}$, $\vec{\omega}^*(u, v) \in H_{2\Omega}$. Можно доказать, что $H_{3\Omega}$ содержит вектор-функции $\vec{\omega}(u, v, w)$, у которых u, v имеют в Ω первые обобщенные [5] производные $\in L_2$; сами u, $v \in L_q$; $q \geqslant 1$ и любое; w имеет в Ω вторые обобщенные производные $\in L_2$; w_α, $w_\beta \in L_q$; $q \geqslant 1$; w непрерывны.

Определение. Обобщенным решением системы (3)—(5) назовем вектор-функцию $\vec{\omega}(u, v, w) \in H_{3\Omega}$ и удовлетворяющую интегральным тождествам

$$(w \cdot \chi)_{H_{1\Omega}} = \int_\Omega f_3 \cdot \chi\, d\alpha\, d\beta; \quad (10)$$

$$(\vec{\omega}^* \cdot \mathbf{a})_{H_{2\Omega}} + \int_\Omega (f_1\cdot\varphi + f_2\cdot\psi)\, d\alpha\, d\beta = 0, \quad (11)$$

где $\mathbf{a}$ имеет составляющие φ, ψ, а вектор-функция $\mathbf{b}(\varphi, \psi, \chi) \in H_{3\Omega}$ и произвольна.

Соотношениями (10), (11) записаны уравнения равновесия оболочки форме принципа возможных перемещений Лагранжа. Этим и опре-ляется механический смысл обобщенных решений. Заметим, что общем случае наша система может иметь несколько обобщенных шений, и это находится в полном соответствии с механическим держанием задачи. Систему (10), (11) можно свести к одному опе-торному уравнению в $H_{1\Omega}$. Именно, из (11) $\vec{\omega}^*(u, v)$ функциональ-ым методом определяется через w. После подстановки u, v в выра-ение (10) оно становится операторным уравнением относительно w. спользуя функциональный метод, заменяем (10) уравнением $w = Gw$, е Gw определяется соотношением $(Gw \cdot \chi)_{H_{1\Omega}} = \int_{\Omega} f_3 \cdot \chi \, d\alpha \, d\beta$, $\chi \in H_{1\Omega}$ и роизвольна.

Лемма 1. *Оператор Gw действует из $H_{1\Omega}$ в $H_{1\Omega}$ и вполне не-рерывен.*

Лемма 1 делает возможным для доказательства существования бобщенных решений системы (3) — (5) применить принцип Шаудера — ерея ([6,7]), для чего образуем $H_{1\Omega}$ вполне непрерывное векторное оле ([7]) $K_1 w = (I - G) w$.

Лемма 2. *Функционал $\Phi(w,t)$, определяемый соотношением $\Phi(w, t) = \| w \|^2_{H_{1\Omega}} - t \int_{\Omega} f_3 w \, d\alpha \, d\beta$, на сферах достаточно большого адиуса R в $H_{1\Omega}$ удовлетворяет неравенству*

$$\Phi(w, t) \geqslant \sigma R^2, \tag{12}$$

де $\sigma > 0$ и не зависит от t, если $0 \leqslant t \leqslant 1$.

Для доказательства (12) сфера S_R радиуса R в $H_{1\Omega}$ разбивается пределенным образом на две части S_{1R}, S_{2R}, причем слабое замыка-ие S_{1R} не содержит нуля. При этом оказывается, что неравенство 12) выполняется на S_{1R} за счет возрастания энергии растяжения обо-очки при $\| w \|_{H_{1\Omega}} \to \infty$, а на S_{2R} — за счет возрастания энергии изгиба.

Лемма 3. *Вращение ([7, 8]) векторного поля $K_1 w$ на сферах до-таточно большого радиуса в $H_{1\Omega}$ равно $+1$.*

Доказательство опирается на рассмотрение векторного поля $K_t = (I - tG) w$. На сферах достаточно большого радиуса в $H_{1\Omega}$ $K_t w$ не меет нулевых векторов, если $0 \leqslant t \leqslant 1$. В самом деле, если при неко-тором t_0 имело бы место соотношение $w_0 = t_0 G w_0$, то из (10) получим $\Phi(w_0, t_0) = 0$, что невозможно в силу леммы 2. Таким образом, поля $K_1 w = (I - G) w$, $K_0 w = Iw$ гомотопны ([7]). Но вращение поля $K_0 w = Iw$ есть $+1$. Лемма доказана. Из лемм 1, 2 и 3 вытекают следующие еоремы.

Теорема 1. *Пусть выполнены все условия п. 2. В этом слу-ае система* (3) — (7) *имеет по меньшей мере одно обобщенное ешение в смысле* (10)—(11).

Теорема 2. *При выполнении условий п. 2 все обобщенные ешения системы* (3) — (7) *лежат в некоторой сфере простран-тва $H_{1\Omega}$.*

Как уже указывалось, система (10), (11) не всегда имеет единст-венное решение. Чтобы факт единственности имел место, необходимы ополнительные условия.

Теорема 3. *Если в условиях п. 2 внешние силы имеют вид $X = \lambda X_0$, $Y = \lambda Y_0$, $Z = \lambda Z_0$, то система* (3) — (7) *имеет только одну ветвь обобщенных решений $w(\lambda)$, такую, что $\| w(\lambda) \|_{H_{1\Omega}} \to 0$, если $\lambda \to 0$.*

Теорема 4. *Пусть выполнены все условия п. 2 и, кроме того, неравенства* $|1/R_1 \leqslant \delta$, $|1/R_2| \leqslant \delta$. $|2/R_{12}| \leqslant \delta$, *где* δ *определяется Ѕ толщиной и упругими характеристиками оболочки. В этом случае, если* X, Y, Z *достаточно малы по норме в* L_p, *то* (6) — (7 *имеет только одно обобщенное решение.*

Отметим, что теоремы 3 и 4, по крайней мере в общих чертах схватывают существенные условия единственности. Действительно, если оболочка имеет достаточно большие кривизны, то даже при $X = Y = Z = O$ возможны несколько форм равновесия. Далее, если кривизны оболочки малы (пластина), то при достаточно больших нагрузках также возможны несколько форм равновесия.

5. Используя уравнение $w = Gw$, можно изучить дифференциальные свойства решений.

6. Метод Шаудера — Лерея дает возможность рассмотреть и другие граничные условия закрепления оболочки, в том числе и смешанные, а также случаи неоднородной и неизотропной оболочки.

Ростовский на Дону
государственный университет

Поступило
21 XII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] И. И. Ворович, ДАН, **105**, № 1 (1956). [2] И. И. Ворович, Прикл. матем. и мех., **20**, в. 4 (1956). [3] В. З. Власов, Общая теория оболочек, 1949. [4] В. В. Новожилов, Теория тонких оболочек, 1951. [5] С. Л. Соболев, Некоторые применения функционального анализа в математической физике, Л., 1950. [6] Ж. Лере и Ю. Шаудер, Усп. матем. наук, № 3—4 (1946). [7] М. А. Красносельский, Топологические методы в теории нелинейных интегральных уравнений, 1956. [8] И. И. Ворович, Тр. 3-го Всесоюзн. матем. съезда, **1**, 1956.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

АСТРОНОМИЯ

М. Г. КАРИМОВ и В. Г. КУРТ

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТУРОВ КОРОНАЛЬНЫХ ЛИНИЙ 10747 И 10798 Å

(Представлено академиком В. Г. Фесенковым 5 VI 1957)

Данная работа представляет дальнейшее развитие исследования интенсивных корональных линий Fe XIII 10747 и 10798 Å, потенциал ионизации 325 в, потенциалы возбуждения 1,15 и 2,30 в.

В феврале 1957 г. нами была смонтирована приставка с электронно-оптическим преобразователем (ЭОП) к диффракционному спектрографу корональной станции Астрофизического института АН КазССР конструкции М. Г. Каримова (рис. 1). Спектрограф может употребляться в двух вариантах: с зеркалом камеры $f = 500$ мм и $f = 1000$ мм. Фотографирование производилось в первом порядке решетки с числом штрихов 600 на 1 мм. При этом дисперсия равна 40 Å/мм для первого случая и 20 Å/мм для второго. Точная установка области спектра велась по зеленой части второго порядка так, что обе корональные линии располагались симметрично относительно центра фотокатода. Применялась круглая щель, которая ставилась концентрически к краю солнечного диска на расстоянии 60″. Употреблялась пленка РФ-3, которая калибровалась ступенчатым ослабителем через спектрограф и преобразователь. Питание ЭОП велось от сетевого источника напряжения (*1*) и могло регулироваться в пределах 15—30 кв. Фотографирование спектра с экрана ЭОП велось двумя объективами 1 : 1,2 с $f = 50$ мм, причем второй объектив можно было заменять на объектив 1 : 2 с $f = 100$ мм, тогда дисперсия достигала 10 Å/мм. С указанной установкой экспозиция равнялась 30 сек. для дисперсии 30 Å/мм и достигала 10 мин. для дисперсии 10 Å/мм. Перед фотокатодом ЭОП ставился желатиновый фильтр, пропускающий

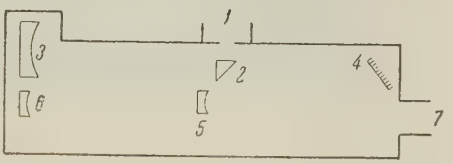


Рис. 1. *1* — щель; *2* — призма полного внутреннего отражения; *4* — дифракционная решетка; *3, 5, 6* — зеркала; *7* — кассета

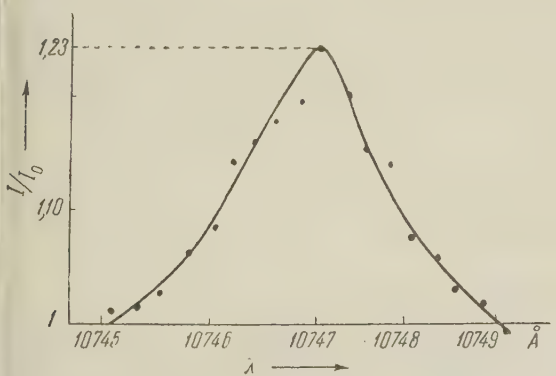


Рис. 2

излучение с $\lambda > 7500$ Å; он отрезал налагавшееся излучение с $\lambda \sim 5500$ Å второго порядка.

Спектрограф с приставкой для ЭОП оказался удобным в работе, достаточно компактным и легким.

Инструментальный профиль был получен из обработки линий поглощения для центра Солнца, который снимался с той же экспозицией, причем применялось ослабление в 10^4 раз. Кроме того, фотографировались линии неона вблизи 9500 Å с той же аппаратурой и при одинаковой ширине щели.

Обработка спектрограмм в дальнейшем велась обычным способом. Построенный контур для одного дня наблюдения 11 II 1957 г. представлен на рис. 2.

Следует отметить, что результаты, полученные В. Ф. Есиповым и И. А. Прокофьевой в Пулкове ([2]), не подтвердились. Хотя относительная интенсивность линий 10747 и 10798 меняется в широких пределах ([3,4]), все же она всегда остается больше единицы. Например, для того же дня наблюдения 11 II 1957 г. отношение эквивалентных ширин $\omega_{10747}/\omega_{10798} = 1{,}55$. Полуширины обеих линий, полученные Есиповым и Прокофьевой, кроме того «занижены», что объясняется, по-видимому, большим рассеянным светом в коронографе и недостаточно тщательным его учетом.

Вычисленная по измерениям полуширин линии температура равна $T = 1{,}9 \cdot 10^6$ °. Однако ей не следует придавать слишком большого значения ввиду того, что наши знания турбуленции в короне недостаточны. Для отделения турбулентных скоростей от термических желательно наблюдать профиль какой-либо линии другого элемента, например Ni XII λ 4231 Å, Ni XIII λ 5116 Å или NiXV 6702 Å, так как все яркие линии излучения в короне, т. е. 5300, 6374, 10747 и 10798 Å, принадлежат одному и тому же элементу.

Определение температуры по относительным интенсивностям линий Fe XIV 5303 Å и Fe X 6374 Å, потенциалы ионизации которых весьма различны, необоснованно, и полученная температура может существенно отличаться от реальной, так как области свечения линий 5303 и 6374 Å пространственно вероятнее всего различны и лежат лишь на одном луче зрения.

Наблюдения Лио ([5]) говорят в пользу того, что макротурбуленция в короне, по-видимому невелика, однако во время максимума солнечной деятельности положение может существенно меняться. Наблюдаются контуры корональных линий с сильно расширенными крыльями ([6]).

На снимках, полученных с ИПФ 5303 Å на корональной станции (рис. 3) в короне отчетливо видны структурные образования, весьма похожие на быстро меняющиеся вихри и струи. Желательно получение точных данных о скоростях в короне, что можно выполнить, например, с эталоном Фабри — Перо ([7]).

Государственный астрономический институт
им. П. К. Штернберга,
Астрофизический институт Академии наук КазССР

Поступило
11 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] П. В. Щеглов, В. Г. Курт, Астр. журн., № 3 (1957). [2] В. Ф. Есипов, И. А. Прокофьева, Солнечные данные, № 4, 140 (1956). [3] В. Г. Курт, О. Л. Вайсберг, Астр. цирк., № 174 (1956). [4] В. Г. Курт, М. Н. Гневышев, Р. С. Гневышева, Астр. журн., № 4 (1957). [5] И. С. Шкловский, Солнечная корона. М., 1951. [6] М. Г. Каримов, Изв. Астрофиз. инст. АН КазССР, 5 (1957). [7] A. H. Jarreff, H. V. Klüber, M. N., **115**, № 4 (1955).

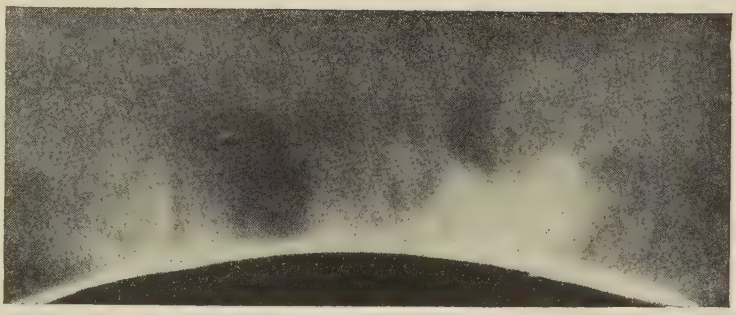


Рис. 3.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ФИЗИКА

В. И. БЕСПАЛОВ

К ВОПРОСУ О ФЛУКТУАЦИЯХ ПАРАМЕТРОВ НЕКОТОРЫХ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 8 VI 1957)

1. Специфической особенностью задачи о рассеянии волн, распространяющихся в экранированной линии передачи, на имеющихся в линии случайных неоднородностях является то обстоятельство, что вторичные (переизлученные неоднородностями) волны канализируются тем же трактом, что и первичная волна. Если длина линии достаточно велика, то вторичное поле (т. е. амплитуды отраженной волны и волн других типов, возникающих в результате перетрансформации) может оказаться сравнимым с полем падающей волны. По этой причине метод возмущений, используемый обычно в задачах о рассеянии ([1,2]) и не учитывающий вторичного переизлучения рассеянных волн, оказывается недостаточным для решения ряда вопросов о влиянии случайных неоднородностей на характеристики линий передачи.

Аналогичные трудности возникают также при решении ряда других задач, где речь идет о влиянии случайных отклонений параметров на характеристики линейной системы. В качестве примера можно привести: фильтр (или линию задержки), параметры ячеек которого имеют некоторый случайный разброс от номинальных значений; лампу с бегущей волной, в которой использована замедляющая система со случайными нарушениями структуры; колебательный контур, параметры которого меняются скачками случайной величины, и т. п. Решение такого рода задач может быть сведено, при известных допущениях (см., например, ([3])), к исследованию системы линейных разностных уравнений.

$$Y_j(n) = A_{jk}(n)\, Y_k(n-1), \quad j, k = 1, 2, \ldots, L, \tag{1}$$

коэффициенты которых являются случайными функциями n.

Нахождение наиболее полной характеристики случайного процесса $Y_j(n)$ — распределения плотностей вероятности $W(Y_j, n)$ — связано со значительными трудностями и может быть выполнено либо в результате исследования общего решения системы (1), либо путем решения соответствующих дифференциально-разностных уравнений для W. Однако во многих случаях необходимую информацию о случайном процессе дают моменты и функции корреляции.

В настоящей работе приводится общее решение системы (1) и сравнительно простой метод вычисления моментов и функций корреляции. В качестве примера рассмотрена цепочка простейших Г-образных четырехполюсников и колебательный контур с флуктуирующими параметрами.

2. Для отыскания решения системы разностных линейных уравнений с переменными коэффициентами может быть использован метод последовательных приближений. В отличие от дифференциальных уравнений, где в каждом отдельном случае необходимо доказывать сходимость ряда приближений, здесь всегда можно выбрать нулевое приближение таким образом, что на любом ограниченном интервале конечное число последовательных приближений приводит к точному решению. При этом, очевид-

но, первоначальное предположение о малости возмущения коэффициенто становится излишним.

Запишем коэффициенты уравнений (1) в виде

$$A_{jk}(n) = A^0_{jk} + \mu a_{jk}(n). \tag{2}$$

Решение системы (1), удовлетворяющее начальным условиям

$$Y_j(n)|_{n=0} = C_j, \tag{3}$$

будем искать в виде ряда по степеням μ

$$Y_j(n) = \sum_{s=0}^{\infty} \mu^s Y_j^{(s)}(n). \tag{4}$$

Тогда, подставляя (4) в (1) и группируя члены с одинаковыми степенями μ, получим

$$Y_j^s(n) = A^0_{jk} Y_k^{(s)}(n-1) + a_{jk}(n)\, Y_k^{(s-1)}(n-1). \tag{5}$$

Если потребовать, чтобы $Y_j^{(0)}(n)$ удовлетворяли начальным условиям (3), то, как нетрудно видеть, ряд обрывается при $s = n$, так как все $Y_j^{(s)}$ при $s > n$ тождественно обращаются в нуль. Действительно $Y^{(s)}(0) \equiv 0$ при $s > 0$ по выбору нулевого приближения. Из (5) очевидно, что $Y_j^{(s)}(n) = 0$, если $Y_j^{(s-1)}(n-1) = 0$ и $Y_j^{(s)}(n-1) = 0$. Согласно методу индукции отсюда следует, что $Y^{(s)}(n) \equiv 0$ при $s > n$.

Выбирая соответствующим образом C_j, можно удовлетворить любым граничным условиям (заданным не обязательно при $n = 0$).

Например, общее решение уравнения второго порядка с одним переменным коэффициентом *

$$Y(n+1) - \{\Phi_0 + P(n)\}\, Y(n) + Y(n-1) = 0, \tag{6}$$

полученное методом последовательных приближений, имеет вид

$$Y(n) = Ae^{j\varphi_0 n} \times$$

$$\left\{1 + \sum_{s=1}^{n-1} (2j \sin\varphi_0)^{-s} \sum_{f_s=1}^{n-1} \sum_{f_{s-1}=1}^{f_s-1} \cdots \sum_{f_1=1}^{f_2-1} \prod_{m=1}^{s} P_{f_m} \left[e^{j2\varphi_0(f_m - f_{m+1})} - 1\right]\right\} +$$

$$+ Be^{-j\varphi_0 n} \times$$

$$\left\{1 + \sum_{s=1}^{n-1} (2j \sin\varphi_0)^{-s} \sum_{f_s=1}^{n-1} \sum_{f_{s-1}=1}^{f_s-1} \cdots \sum_{f_1=1}^{f_2-1} \prod_{m=1}^{s} P_{f_m} \left[1 - e^{-j2\varphi_0(f_m - f_{m+1})}\right]\right\}, \tag{7}$$

где A и B — произвольные постоянные и $\varphi_0 = \arccos(\Phi_0/2)$.

Если величины $P(n)$ относительно малы ($\mu \ll 1$), то во многих случаях можно ограничиться первым (3) или вторым приближением.

Повышение порядка разностного уравнения (системы) и усложнение коэффициентов приведет к дальнейшему увеличению громоздкости решения, что ограничивает возможность его применения при изучении случайных процессов. Вместе с тем, если число ячеек мало (например, в фильтрах), общее решение типа (7) может быть с успехом использовано для

* Такого вида уравнение получается при исследовании цепочки четырехполюсников или с переменным последовательным сопротивлением или с переменной шунтирующей емкостью.

исследования возмущений, обусловленных случайными изменениями параметров ячеек.

3. Средние * характеристики величин, описываемых (1), можно найти достаточно просто в том случае, когда процесс $Y_j(n)$ является простой цепью Маркова. Последнее имеет место, если:

а) случайные функции $A_{jk}(n)$ некоррелированны **, т. е.

$$\overline{A_{jk}(n)A_{lp}(m)} = \overline{A_{jk}(n)}\ \overline{A_{lp}(m)}; \tag{8}$$

б) граничные (начальные) условия заданы при одном и том же значении n, например при $n=0$,

$$Y_j(n)|_{n=0} = Y_j^0. \tag{9}$$

При этом уравнения и начальные условия для $\overline{Y_j(n)}$ получаются сразу же путем усреднения (1) и (9), т. е.

$$\overline{Y_j(n)} = \overline{A_{jk}(n)}\,\overline{Y_k(n-1)}; \quad \overline{Y_j(n)}|_{n=0} = Y_j^0. \tag{10}$$

Таким образом, средние значения $\overline{Y_j(n)}$ в цепочках со случайными параметрами при выполнении условий (8) и (9) распределены так же, как и величины $Y_j(n)$ в цепочке со средними значениями параметров $\overline{A_{jk}(n)}$ и усредненными начальными условиями ***.

При тех же предположениях (8) и (9) система уравнений для средних значений произведений $\overline{Y_j(n)Y_k^*(n)} = \xi_{jk}(n,0)$ получается после усреднений произведений уравнений (соответственно, правых и левых частей) системы (1) на уравнения комплексно сопряженной системы ****. В результате получим L^2 уравнений

$$\xi_{jk}(n,0) = \overline{A_{jl}(n)A_{kp}^*(n)}\,\xi_{lp}(n-1,0). \tag{11}$$

Если элементы матрицы коэффициентов (11) не зависят от n, то, полагая ***** $\xi_{jk}(n,0) = \xi_{jk}(0,0)\alpha^n$, из условия существования нетривиального решения найдем

$$\det|\overline{A_{jl}(n)A_{kp}^*(n)} - \alpha\delta_{jl}\delta_{kp}| = 0, \tag{12}$$

где δ_{qf} — символ Кронекера. Уравнение (12) определяет L^2 значений α и, следовательно, L^2 линейно независимых решений $\xi_{jk}(n,0)$, с помощью которых можно удовлетворить начальным условиям

$$\xi_{jk}(n,0)|_{n=0} = \overline{Y_j^0 Y_k^{0*}}. \tag{13}$$

Умножая (1) на $Y_k^*(n-m)$ и усредняя, для функций корреляций

* Здесь и в дальнейшем имеется в виду усреднение по ансамблю.

** При наличии корреляции в конечной области, т. е. если (8) выполняется только при $|m-n| \geqslant \nu \neq 0$, процесс $Y_j(n)$ является сложной цепью Маркова. Последняя может быть сведена к простой цепи ([4]), однако уравнения значительно усложнятся.

*** Отметим, что, вообще говоря, среднее значение напряжения и тока в ансамбле цепочек четырехполюсников без потерь может возрастать или убывать по экспоненциальному закону.

**** Уравнения для моментов второго порядка (или других средних величин) можно получить и другими путями. В частности, можно воспользоваться дифференциально-разностным уравнением (которое здесь будет бесконечного порядка) для вероятностей перехода или же перейти от разностного уравнения (1) к суммовому (аналог интегрального) и использовать метод, примененный в работе ([5]) для исследования интегрального уравнения со случайным ядром. Используемый здесь метод приводит к нужному результату более коротким путем.

***** Если статистические свойства A_{jk} зависят от n (например, на заданную зависимость $A_{jk}(n)$ накладываются случайные возмущения), то $\overline{A_{jl}(n)A_{kp}^*(n)} \neq \text{const}$ и решение системы (11) записывается в виде конечного числа многократных сумм (п. 2). Трудность исследования решения в каждом конкретном случае будет определяться характером зависимости A_{jk} от n.

$\xi_{jk}(n, m) = \overline{Y_j(n) Y_k^*(n-m)}$ получим L (соответственно индексу k, принимающему значения от 1 до L) систем, каждая из которых состоит из L разностных уравнений

$$\xi_{jk}(n, m) = \overline{A_{jl}(n)}\, \xi_{lk}(n-1, m-1). \qquad (1$$

Решение систем (14) при известных $\xi_{jk}(n, 0)$ находится просто. Аналогично можно вычислить и моменты более высоких порядков.

4. Распределение среднего квадрата модуля напряжения в цепочке простейших Г-образных четырехполюсников с флуктуирующими последовательными сопротивлениями ($X_n = X_0\{1 + P(n)\}$), полученное приведенным методом в предположении, что $P(n)\,P(m) = p^2\delta_{nm}$, $p^2 \ll$ и нагрузка на выходе согласована, имеет вид:

$$|\overline{V(n)}|^2 \simeq |V_0^2| \left\{\left(1 - p^2 \operatorname{tg}^2\frac{\varphi}{2}\right)\exp\left(2p^2 n \operatorname{tg}^2\frac{\varphi}{2}\right) - \right.$$
$$\left. - p^2 \operatorname{tg}^2\frac{\varphi}{2}\,\frac{\sin(2n-1)\varphi}{\sin\varphi}\cdot\exp\left(-p^2 n \operatorname{tg}^2\frac{\varphi}{2}\right)\right\}, \qquad (15$$

где φ — сдвиг фазы на один четырехполюсник. Из (15) следует, что при больших n величина $|\overline{V^2(n)}|$ возрастает по экспоненциальному закону. Аналогично средний квадрат модуля тока в колебательном контуре с емкостью флуктуирующей по закону $C(t) = C_0\{1 + P(n)\}^{-2}$, где t — время и n — целая часть t/τ, описывается формулой

$$|\overline{I^2(n)}| \simeq I_0^2 \left\{\left[1 - p^2\left(\sin^2\omega\tau - \frac{\omega\tau\sin 2\omega\tau}{2\sin^2\omega\tau}\right)\right]\exp(2p^2 n\sin^2\omega\tau) - \right.$$
$$\left. - p^2\left[\frac{\sin^2\omega\tau\cdot\sin 2(n-1)\omega\tau}{\sin 2\omega\tau} + \frac{\omega\tau\cos(2n+1)\omega\tau}{\sin\omega\tau}\right]\exp(-p^2 n\sin^2\omega\tau)\right\}, \qquad (16$$

где ω — резонансная частота идеального контура; τ — время, через которое изменяется емкость.

Уравнение (16) показывает, что из-за флуктуаций емкости запасенная энергия в ансамбле контуров со временем возрастает, причем при $t \to \infty$ максимумы $^1/_2 L\,\overline{|I^2(t, \tau)|}_{t=\text{const}}$ наблюдаются при τ, удовлетворяющих уравнению $2\omega\tau \operatorname{ctg}\omega\tau = 1$. Последнее совпадает с условием максимума среднего квадрата плотности амплитуды спектра функции $C(t)$ на одной из частот, соответствующих параметрическому резонансу ([6]). Полученные результаты нетрудно обобщить на системы со случайно изменяющимися интервалами τ.

5. Приведенный метод расчета усредненных величин может быть использован не только при изучении систем со ступенчатым изменением параметров, но также и систем с непрерывными флуктуациями, если форму последних (в пространстве или времени) можно с определенной степенью точности считать повторяющейся. Таким методом, например, можно оценить влияние неоднородностей в цилиндрических линиях передач ([7]).

В заключение автор выражает признательность А. В. Гапонову за советы при выполнении работы.

Научно-исследовательский радиофизический институт
при Горьковском государственном университете
им. Н. И. Лобачевского

Поступило
3 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] С. М. Рытов, Изв. АН СССР, сер. физ., № 2, 223 (1937). [2] H. Booker W. Gordon, Proc. Inst. Rad. Eng., **38**, 4, 401 (1950). [3] В. И. Беспалов, А. В. Гапонов, Радиотехника и электроника, **1**, № 6, 772 (1956). [4] Т. А. Сарымсаков, Основы теории процессов Маркова, М., 1954., 1954. [5] A. Rosenbloom, J. Heilfron, D. L. Trautman, Inst. Rad. Eng. Convent. Rec., **3**, 4, 106 (1955). [6] А. А. Андронов, М. А. Леонтович, Ж.Р.Ф.-Х.О., ч. физ., **59**, № 5—6, 429 (1927). [7] M. D. Didlandis, H. Kaden, Elektrische Nachrihten-Technik. **14**, 1, 13 (1937); P. Mertz, W. Pfleger, Bell. Syst. Techn. J., **16**, 541 (1937).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ФИЗИКА

М. А. КРИВОГЛАЗ

ТЕРМОДИНАМИКА ПОЧТИ ПОЛНОСТЬЮ УПОРЯДОЧЕННЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 8 VI 1957)

Статистическая теория твердых растворов использует ряд грубых модельных предположений. Вместе с тем результаты, относящиеся к некоторым участкам диаграммы состояния, могут быть получены с значительно большей достоверностью в термодинамической теории без использования конкретной модели раствора. В случае, когда переход порядок — беспорядок является фазовым переходом второго рода, для температур, близких к температуре упорядочения, эти результаты получены в теории фазовых переходов второго рода Л. Д. Ландау ([1,2]). Термодинамическое рассмотрение можно провести также в случае температур, значительно меньших температуры упорядочения, когда раствор находится в почти полностью упорядоченном состоянии. В этом случае «чужие» атомы на узлах каждой подрешетки образуют соответствующий слабый раствор, и свободную энергию нетрудно определить с помощью рассуждений такого же типа, как при вычислении свободной энергии слабых растворов (см., например, ([2])). Для бинарных растворов А—В, имеющих в элементарной ячейке n_1 узлов 1-го сорта и n_2 узлов 2-го сорта, состав которых близок к стехиометрическому составу $A_{n_1}B_{n_2}$, получается:

$$F = F' + \frac{n_1}{n} N\chi_1 p_{B1} + \frac{n_2}{n} N\chi_2 p_{A2} + kT\frac{N}{n}\left[n_1\left(p_{A1}\ln p_{A1} + p_{B1}\ln p_{B1}\right) + \right.$$
$$\left. + n_2\left(p_{A2}\ln p_{A2} + p_{B2}\ln p_{B2}\right)\right] + N\left(p_{B1}^2 e_{11} + 2p_{B1}p_{A2}e_{12} + p_{A2}^2 e_{22}\right). \qquad (1)$$

Здесь N — общее число атомов кристалла; $n = n_1 + n_2$; $p_{\alpha i}$ — вероятности замещения узлов i-го сорта атомами α, которые могут быть выражены через атомную концентрацию c_A атомов А и степень дальнего порядка η с помощью соотношений $p_{A1} = c_A + \frac{n_2}{n}\eta = 1 - p_{B1}$; $p_{A2} = c_A - \frac{n_1}{n}\eta = 1 - p_{B2}$; F', χ_1, χ_2 и e_{ij} зависят только от температуры и объема и не зависят от состава и степени дальнего порядка.

В выражении (1) F' обозначает свободную энергию полностью упорядоченного раствора при температуре T (находящегося в метастабильном состоянии); 2-е и 3-е слагаемые учитывают изменение свободной энергии при введении на узлы кристаллической решетки «чужих» атомов, «локализованных» в определенных узлах; 4-е слагаемое учитывает возможность перестановки атомов на узлах каждого сорта; наконец, последнее слагаемое определяется взаимодействием

атомов, находящихся на чужих местах. Высшие члены в разложении F по степеням p_{B1}, p_{A2} не учитываются. При $T \to 0$ величины χ_1 и χ_2 стремятся к конечным предельным значениям χ_1^0 и χ_2^0.

Применяя теорему Нернста к находящемуся в метастабильном состоянии твердому раствору, в котором атомы на «чужих» местах «заморожены» и являются «локализованными» (в свободной энергии такой системы первые три слагаемые выражения (1) останутся неизменными, 4-е слагаемое исчезнет, а малое последнее слагаемое изменится), нетрудно убедиться в том, что производные $\partial\chi_1/\partial T$ и $\partial\chi_2/\partial T$ стремятся к нулю при $T \to 0$. Для того чтобы при абсолютном нуле температуры раствор стехиометрического состава был полностью упорядоченным, произведения $p_{B1}e_{1i}$, $p_{A2}e_{i2}$ $(i = 1, 2)$ должны быть пренебрежимо малы при достаточно низких температурах. Поэтому в случае температур, значительно меньших температуры упорядочения, при выводе уравнения для степени дальнего порядка можно не учитывать последнее слагаемое в (1). Это уравнение определяется из условия экстремума свободной энергии относительно изменения η и имеет вид

$$\frac{\left(c_A - \frac{n_1}{n}\eta\right)\left(c_B - \frac{n_2}{n}\eta\right)}{\left(c_A + \frac{n_2}{n}\eta\right)\left(c_B + \frac{n_1}{n}\eta\right)} = \exp\left[-\frac{\chi_1 + \chi_2}{2kT}\right]. \qquad (2)$$

Из (2) следует, что в случае раствора стехиометрического состава $(c_A = n_1/n)$ степень дальнего порядка при низких температурах стремится к единице по экспоненциальному закону:

$$1 - \eta = \frac{n}{\sqrt{n_1 n_2}} \exp\left[-\frac{\chi_1^0 + \chi_2^0}{2kT}\right]. \qquad (3)$$

То, что предэкспоненциальный множитель в формуле (3) точно равен величине $n/\sqrt{n_1 n_2}$, связано с отсутствием линейных членов в разложениях χ_1 и χ_2 по степени T и является следствием теоремы Нернста. Формула (3) приближенно справедлива также для растворов, у которых отклонение состава $|\Delta c_A|$ от стехиометрического состава значительно меньше отклонения $\Delta\eta$ степени дальнего порядка от максимального значения, возможного в растворе данного состава. Если выполнено противоположное неравенство $\Delta\eta \ll |\Delta c_A|$, то степень дальнего порядка при изменении температуры снова изменяется экспоненциально, но с вдвое бо́льшим показателем экспоненциала (соответствующим той же температуре) и значительно бо́льшим предэкспоненциальным множителем:

$$\eta = 1 - \frac{n}{n_2}\Delta c_A - \frac{1 - \frac{n}{n_2}\Delta c_A}{\Delta c_A} \exp\left[-\frac{\chi_1^0 + \chi_2^0}{kT}\right] \quad \text{при } \Delta c_A > 0,$$

$$\eta = 1 + \frac{n}{n_1}\Delta c_A + \frac{1 + \frac{n}{n_2}\Delta c_A}{\Delta c_A} \exp\left[-\frac{\chi_1^0 + \chi_2^0}{kT}\right] \quad \text{при } \Delta c_A < 0. \qquad (4)$$

Если температура упорядочения очень велика, то раствор находится в почти полностью упорядоченном состоянии даже при сравни-

ельно высоких температурах (порядка или выше дебаевской температуры), когда нельзя пользоваться следствиями теоремы Нернста. При этом в (3) и (4) вместо постоянной величины $\chi_1^0 + \chi_2^0$ войдет функция $\chi_1 + \chi_2$, слабо зависящая от температуры (в обычном приближении статистической теории упорядочения — вообще не зависящая). Так как при отличных от нуля температурах производная этой функции по T, вообще говоря, не равна нулю, то выражения, стоящие перед экспоненциалами формул (3) и (4), могут отличаться соответственно от $n/\sqrt{n_1 n_2}$ и $1/|\Delta c_A|$ на некоторые множители (обычно порядка единицы).

В общем случае, когда неравенства $|\Delta c_A| \ll \Delta\eta$ или $|\Delta c_A| \gg \Delta\eta$ не выполняются, температурная и концентрационная зависимость η при температурах, значительно меньших температуры упорядочения, и составах, близких к стехиометрическому, определяется формулой (2). При данной температуре степень дальнего порядка в растворах, состав которых близок к AB, должна быть максимальна при стехиометрическом составе. Интересно отметить, что элементарная теория упорядочения Горского — Брэгга — Вильямса оказывается оправданной не при высоких, а при низких температурах (в почти полностью упорядоченном растворе, как и при температурах, значительно бо́льших температуры упорядочения, корреляция в растворе становится мало существенной).

Следует отметить, что для растворов нестехиометрического состава проводимое рассмотрение становится непригодным не только при высоких, но и при очень низких температурах, так как в последнем случае при выводе уравнения для η также нельзя пренебрегать последним слагаемым в выражении (1) (одна из вероятностей P_{B_1} или P_{A_2} для растворов нестехиометрического состава стремится к постоянному значению, а e_{ij} при понижении температуры могут возрастать). При температурах такого порядка должен начинаться распад раствора на упорядоченную фазу, состав которой ближе к стехиометрическому, чем состав исходного раствора, и неупорядоченную фазу (или упорядоченную фазу с другой сверхструктурой). При приближении к абсолютному нулю равновесное значение состава упорядоченной фазы, очевидно, должно стремиться к стехиометрическому составу, а выпадающая фаза будет чистым металлом или также полностью упорядоченной фазой другого состава. Количественное исследование этих вопросов требует специального рассмотрения. Нижняя температурная граница области применимости рассматриваемого приближения понижается при уменьшении $|\Delta c_A|$ и равна нулю в случае растворов стехиометрического состава. Она лежит значительно ниже границы области применимости формул (3).

Подставляя (3) и (4) в (1), нетрудно убедиться, что при низких температурах конфигурационная часть свободной энергии $F - F'$ пропорциональна экспоненциальным множителям $\exp\left[-\frac{\chi_1^0 + \chi_2^0}{2kT}\right]$ или $\exp\left[-\frac{\chi_1^0 + \chi_2^0}{kT}\right]$, если соответственно выполнены условия $\Delta\eta \gg |\Delta c_A|$ или $\Delta\eta \ll |\Delta c_A|$. Такого же типа экспоненциальную температурную зависимость имеют конфигурационные части энергии, энтропии, теплоемкости и двух термодинамических функций.

Так как F' и аналогичные слагаемые в других термодинамических функциях, соответствующие полностью упорядоченному раствору, при низких температурах возрастают с увеличением температуры по степенному закону, то конфигурационные части термодинамических величин при достаточно низких температурах играют небольшую роль в тепловых эффектах. Экспоненциальная температурная зависимость в указанных случаях будет проявляться в тех свойствах растворов, которые существен-

но зависят от размещения атомов разного сорта на узлах решетки: пр
исследовании остаточного электросопротивления упорядоченного сплав
закаленного от различных температур, малых по сравнению с температу
рой упорядочения, интенсивности диффузного рассеяния рентгеновы
лучей или нейтронов и т. п.

Следует подчеркнуть, что все приведенные результаты относятся
равновесным состояниям. Они могут быть экспериментально проверен
(при достаточных временах отжига) в сплавах, которые в почти полно
стью упорядоченном состоянии при низких температурах сохраняют вы
сокую подвижность атомов, например в β-латуни (особенно после облу
чения быстрыми частицами, существенно ускоряющего различные процес
сы в кристаллах), а также в сплавах с высокими температурами упоря
дочения (более высокими, чем температура плавления) — таких, ка
AuZn, и в некоторых интерметаллических соединениях.

Институт металлофизики
Академии наук УССР

Поступило
7 I 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Л. Д. Ландау, ЖЭТФ, 7, 19 (1937). [2] Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц
Статистическая физика, М., 1951.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ГЕОФИЗИКА

Д. А. ДРОГАЙЦЕВ

ПРОГНОЗ ОСАДКОВ НА ЦЕЛИННЫХ ЗЕМЛЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И КАЗАХСТАНА

(Представлено академиком В. В. Шулейкиным 10 IV 1957)

Одной из характерных черт континентального климата района освоения целинных земель Западной Сибири и Казахстана является большая изменчивость количества осадков вегетационного периода от одного года к другому. Без какой-либо видимой статистической закономерности здесь чередуются годы хорошо увлажненные и засушливые. Яркой иллюстрацией таких контрастов могут служить последние три года: весьма благоприятные для сельскохозяйственного производства годы 1954 и 1956 и между ними 1955 г. с исключительно сильной засухой. В многолетнем ряде можно заметить так называемые парные годы, когда избыток осадков (по сравнению с нормой) или засуха наблюдаются два, а иногда и три года подряд. Например, годы 1949 и 1950 были с хорошим увлажнением, а следующие за ними три года подряд — засушливыми.

Считая, что длительные во времени и захватывающие большую территорию аномалии осадков являются следствием сложившихся особенностей в макро-циркуляционных процессах атмосферы и предполагая, что хорошим отображением последних является обусловленное ими поле меридионального и муссонного переноса тепла в атмосфере, рассмотрим непосредственную связь между количеством осадков и полями индексов переноса холода, как одного из компонентов переноса тепла вообще в предшествующем данному лету предзимье. Как было показано в работе [1], таким индексом может служить средняя из трех минимальных значений (за октябрь, ноябрь и декабрь) аномалии относительной топографии поверхности 500 мб над поверхностью 1000 мб (ОТ 500/1000), подсчитанная по средним картам за естественный синоптический период относительно многолетней нормы (1947—1953) его центрального дня в любой системе точек.

На рис. 1 в качестве примера изображены поля (индексов) переноса холода в предзимьях перед засушливым летом 1955 г. и хорошо увлажненным летом 1956 г. на целинных землях. Тонкими линиями обозначены четные аномалии изогипс в динамических декаметрах, а толстыми со стрелками на концах, проведенными через центры областей минимума и вдоль осей ложбин — оси преобладающего переноса холода. Из сравнения этих полей хорошо обнаруживается противоположность систем переноса холода по отношению к исследуемому району в сравниваемых предзимьях. В самом деле, в предзимье 1954 г. оси адвекции холода огибали район целинных земель по часовой стрелке, а в предзимье 1955 г. — против часовой стрелки. Заметим, что эти предзимья были противоположными и по локализации направленных с юга осей переноса собственно тепла, причем эта противоположность распространялась далеко за пределы исследуемой территории и, по-видимому, на все северное полушарие.

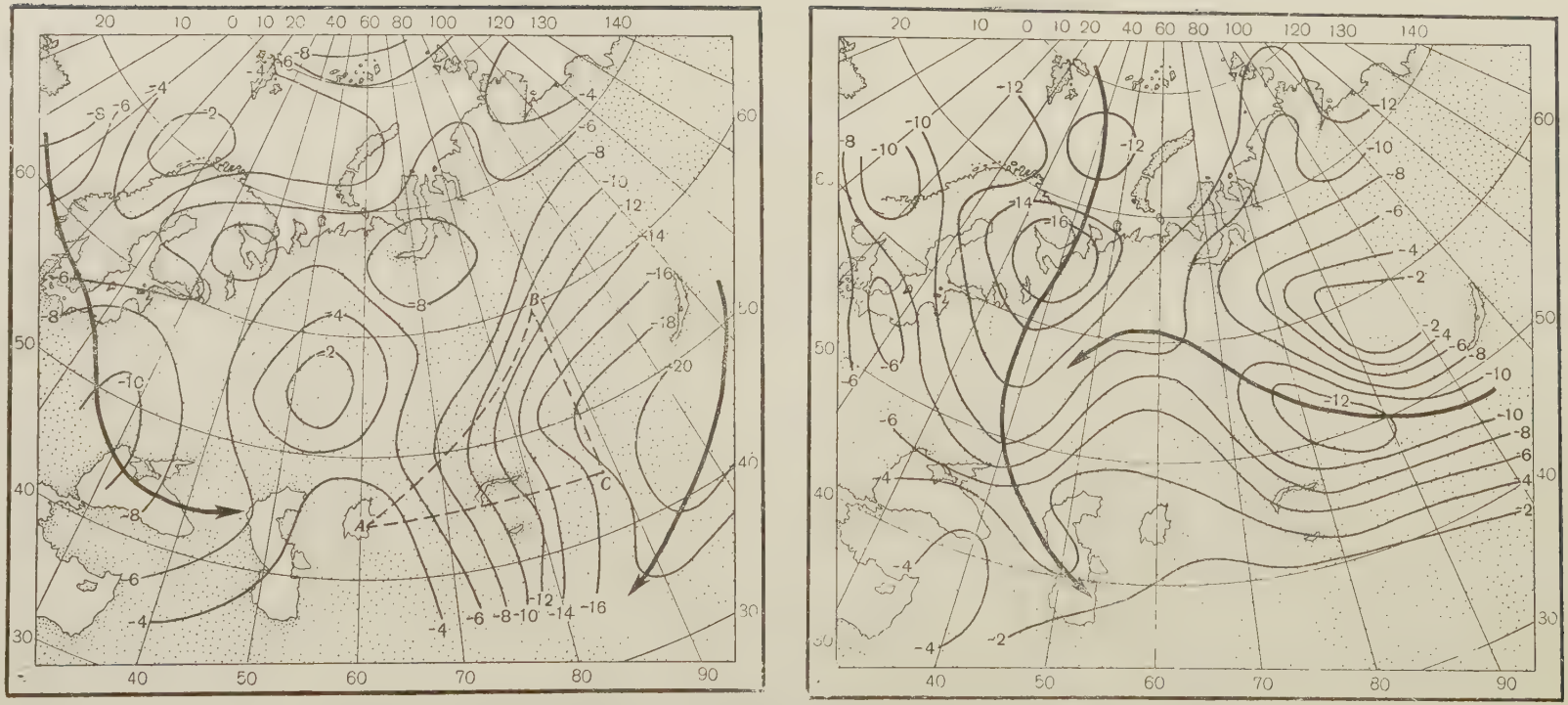


Рис. 1. Поля меридионального (и муссонного) переноса холода в предзимьях 1954 г.

соответствии с направлением и положением осей адвекции холода и бственно тепла относительно исследуемой территории назовем систему реноса тепла в предзимье 1954 г. антициклональной, а в предзимье 55 г. циклонической.

За рассмотренными в примере предзимьями с противоположными по аку системами переноса тепла на целинных землях Западной Сибири Казахстана пришли весна и лето с экстремально противоположными омалиями осадков, а с ними и всего комплекса метеорологических усло-ий, имеющих первостепенное значение для формирования урожая.

Не располагая достаточными данными для физического объяснения одмеченной связи, докажем ее существование статистическим путем. Для того примем за меру циклоничности или антициклональности системы ередионального (и муссонного) переноса тепла в атмосфере над иссле-уемой территорией алгебраическую величину проекции на направление ЮВ — СЗ градиента в поле индексов адвекции холода между соседними сями гребней и ложбин в треугольнике ABC (рис. 1), вершины которого аходятся в точках $\varphi = 45°\ \lambda = 60°$, $\varphi = 45°\ \lambda = 90°$ и $\varphi = 60°\ \lambda = 90°$.

Измерения этого градиента удобнее всего выполнять известным из еории поля способом трех точек ([2]). В случае однородного поля они бе-утся в вершинах треугольника ABC и вычисления очень просты, в слу-ае наличия в треугольнике ABC гребней или ложбин они несколько слож-ее, так как пространство между последними должно быть предваритель-о разбито на треугольники, но тем не менее они всегда выполнимы и езультаты их однозначны. Обозначим модуль градиента в динамических етрах на градус меридиана через a и азимут его направления (от боль-шего к меньшему) через α; тогда принятой мерой является величина $D = a \cos(\alpha + 45°)$. С величиной D предзимья сопоставлялась осредне-ная по 39 станциям, расположенным между параллелями 47 и 56° и ме-ридианами 62 и 87°, сумма осадков R в миллиметрах следующего за этим предзимьем периода с апреля по июнь включительно. Исследован был весь ряд лет, начиная с предзимья 1938 г., когда впервые было начато составление высотных метеорологических карт.

Результаты подсчетов индекса D за каждое предшествующее пред-зимье и осредненной толщины слоя осадков R с апреля по июль данного года оказались следующие:

Год	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948
D	—0,9	3,4	7,9	7,1	—0,9	—0,2	—5,9	9,0	14,2	0,0
R	89	81	99	101	92	92	95	124	122	94

Год	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
D	6,8	2,0	—4,0	—3,2	—1,8	7,1	—8,8	4,1	—2,0
R	108	113	97	82	87	113	42	108	77

Графическое сопоставление величин D и R по годам (рис. 2) хорошо показывает, что на протяжении девятнадцати лет кривая D из года в год с небольшими отклонениями ведет за собой кривую R и тем самым позволяет заблаговременно, за несколько месяцев ориентироваться о предстоящем как засушливом, так и хорошо увлажненном лете.

Коэффициент корреляции между D и R (без 1957 г.) получился рав-ным 0,780, а уравнение регрессии следующим:

$$R = 92{,}1 + 2{,}38\,D. \qquad (1)$$

Треугольник ABC был подобран таким образом, что подсчитанная в нем величина D оказалась наиболее тесно коррелятивно связанной с величиной осадков R по исследованной территории.

Коэффициент корреляции между D и R превышает его минимальную существенную величину для 18 коррелируемых пар (0,708) при самом

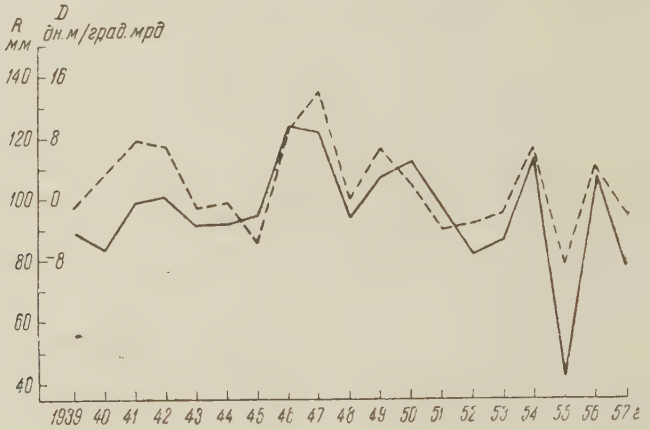


Рис. 2. Изменения по годам аргумента D предшествующего предзимья (пунктир) и суммы осадков R с апреля по июнь данного года (сплошная линия)

высоком уровне значимости из принятых в математической статистике $P = 0{,}001$. Из этого следует, что между D и R существует физическая связь, которую можно использовать в целях долгосрочного фонового прогноза осадков на весну и первую половину лета. По уравнению (1) он может быть подсчитан в первых числах января.

После того как статья была сдана в печать представилась возможность дополнить табл. 1 и рис. 2 величиной осадков R 1957 г., а тем самым и проверить прогноз на этот год. Ошибка прогноза оказалась равной всего + 10 мм, или 8% амплитуды R в исследованном ряде лет.

Поступило
10 IV 1957

ЦИТИРОВАННЫЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Д. А. Дрогайцев, Изв. АН СССР, сер. географ., № 3 (1957). [2] Д. А. Дрогайцев, Пробл. Арктики, № 2 (1944).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Ю. А. ГОЛОМОЛЗИНА, И. И. НОВИКОВ и И. Л. РОГЕЛЬБЕРГ

О ЗАДЕРЖКЕ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ В ТОНКОЙ АЛЮМИНИЕВОЙ ФОЛЬГЕ

(Представлено академиком А. А. Бочваром 15 VI 1957)

Известно, что кристаллическое строение, свойства и поведение металла в тонких и толстых слоях различны. Например, с уменьшением толщины слоя металла ускоряется распад твердых растворов меди, цинка и магния в алюминии ([1]) и повышается температура перехода кобальта из гексагональной модификации в кубическую ([2]). В связи с этим представляет интерес исследование рекристаллизации в слоях малой толщины. В настоящей работе изучалось влияние толщины алюминиевой фольги на время начала рекристаллизации обработки, определяемое рентгенографическим методом.

Исходным материалом служила прокатанная фольга толщиной 14 μ из алюминия марки Al, содержащего 0,25% Fe, 0,12% Si и менее 0,01% Cu. Пакет из листков этой фольги размером 8×8 см, проложенных целлофаном для предотвращения слипания, подвергался свободной ковке в течение 35 мин. Через каждые 5 мин. ковки из пакета извлекалось 10—12 листов фольги. Таким способом были получены образцы 7 разных толщин. Толщина фольги определялась весовым методом по площади листка, по весу и плотности. Весовым методом не удалось дифференцировать по толщине три самых тонких образца. Поэтому для измерения толщины фольги был применен специальный прибор — «Индикатор шероховатости» фирмы Иогансон, в котором игла микрокатора была заменена наконечником с шариком диаметром 4 мм *. Образец фольги накладывался на плоскую зеркальную поверхность концевой меры. Под шарик микрокатора вначале подводился участок поверхности плитки, расположенный рядом с образцом, а затем сам образец. По разности двух показаний микрокатора при настройке его на усилие в 0,5 г определялась толщина фольги.

Таблица 1

Время ковки, мин.	Толщина фольги, μ	
	по весовому методу	по индикатору шероховатости
5	0	7,1
10	5,1	5,1
15	4,1	4,1
20	3,1	3,1
25	~2	2,3
30	~2	2,0
35	~2	1,7

Бралось среднее значение толщины из 40 измерений в разных участках фольги (см. табл. 1).

Образцы фольги отжигались в селитряной ванне, температура которой измерялась хромель-алюмелевой термопарой. После извлечения из ванны образец погружался в холодную воду. Отжиг производился при температурах 200; 250; 300; 325; 350; 400; 450 и 500° с временем выдерж-

* Эти измерения проводились во ВНИИ Комитета стандартов, мер и измерительных приборов под руководством В. А. Егорова.

ки от 1 сек. до 5 час. Время отжига при секундных выдержках выбира лось с интервалом в 1 сек., при минутных — в 1 мин. и при часовых — в 5 мин.

Съемка рентгенограмм производилась на просвет в медном излучени на плоскую пленку. Пакет из 2—6 слоев фольги наклеивался на диафраг му камеры. Диаметр отверстия диафрагмы 0,8 мм. Время начала рекри сталлизации обработки («инкубационный период») определялось по по явлению на размытых дебаевских кольцах первых точечных «уколов» — рефлексов от новых кристаллов. Всего было снято около 600 рентгено грамм. Полученные результаты представлены на рис. 1, 2, 3 и 4.

Время начала рекристаллизации обработки увеличивается с умень шением толщины фольги. Этот «эффект толщины» усиливается пр уменьшении толщины фольги, особенно сильно проявляясь в фольга толщиной около 2 μ. Например, при 300° уменьшение толщины фольги

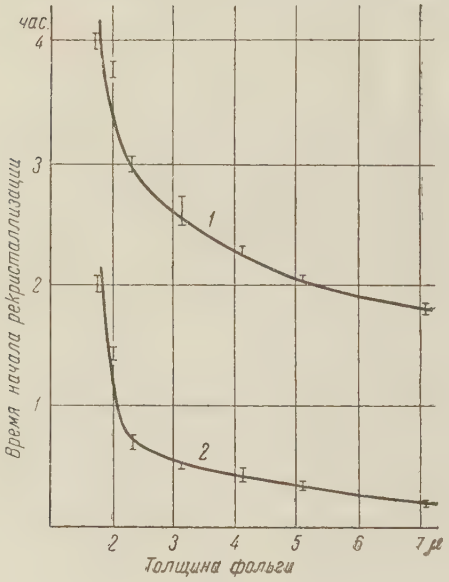


Рис. 1

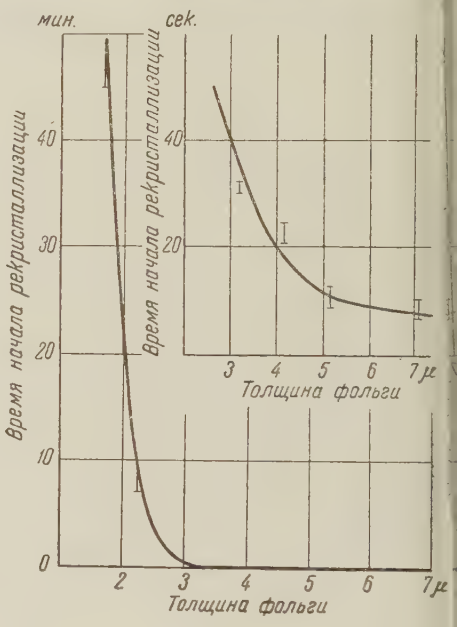


Рис. 2

Рис. 1. Зависимость времени начала рекристаллизации от толщины алюминиевой фольги. *1* — 200°, *2* — 250°

Рис. 2. Зависимость времени начала рекристаллизации от толщины алюминиево фольги при 300°

7,1 до 3,1 μ приводит к увеличению «инкубационного периода» на 22 сек. а при уменьшении толщины фольги с 2,3 до 1,7 μ «инкубационный пе риод» увеличивается на 39 мин.

Пока еще накопленных опытных данных недостаточно для однознач ного объяснения «эффекта толщины», установленного в настоящей работе.

Рекристаллизация обработки ускоряется при увеличении степени хо лодной деформации. В нашем случае меньшей толщине фольги соответ ствовала бóльшая степень деформации. Следовательно, «эффект толщи ны» перекрывает влияние степени деформации.

На первый взгляд может показаться, что обнаруженная рентгеновским методом задержка рекристаллизации только кажущаяся, так как ве роятность встречи нового кристаллика уменьшается с уменьшением тол щины слоя. Но влияние чисто масштабного фактора исключено, так ка объем просвечиваемого рентгеновскими лучами участка образца н много порядков больше объема и зародышей рекристаллизации и наи

меньших новых кристаллов, которые способен обнаружить рентгеновский метод.

«Эффект толщины» нельзя объяснить сильным внутренним окислением тонкого слоя металла. Такое окисление должно сказаться на электросопротивлении фольги. Но опыты показали, что отжиг фольги толщиной 1,7 μ при 350° в воздушной среде и в селитряной ванне в течение 1—2 час. не приводит к увеличению электросопротивления образца.

Из температурной зависимости «инкубационного периода» τ можно определить энергию активации рекристаллизации обработки Q, если принять что $\tau = Ae^{Q/RT}$, где A — константа, R — газовая постоянная и T — абсолютная температура. Если эта формула правильно выражает температурную зависимость времени начала рекристаллизации, то экспериментальные точки на графике в полулогарифмических координатах $\ln\tau - 1/T$ должны попасть на прямую, по тангенсу угла наклона которой рассчитывается энергия активации $\left(\ln\tau = \ln A + \frac{Q}{R}\frac{1}{T}\right)$.

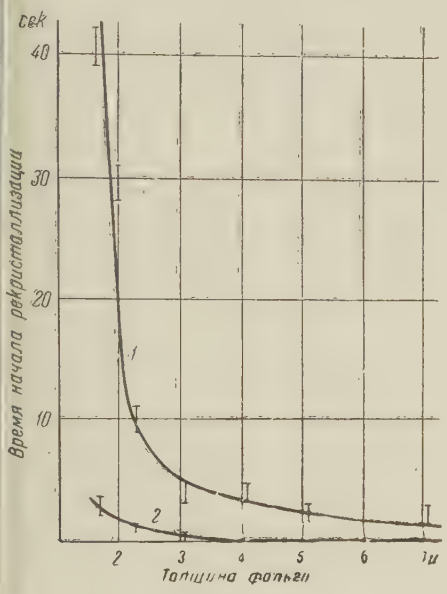


Рис. 3

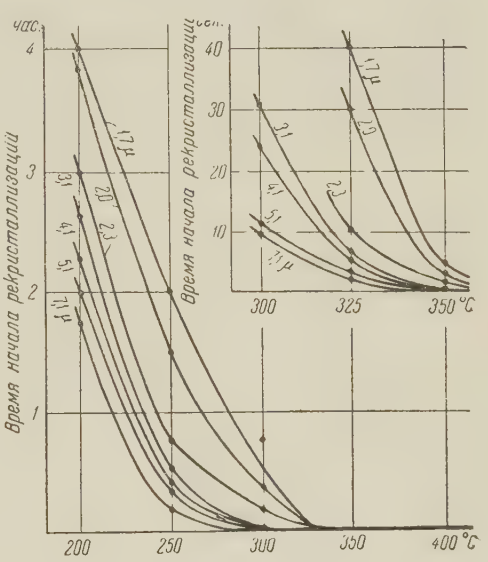


Рис. 4

Рис. 3. Зависимость времени начала рекристаллизации от толщины алюминиевой фольги. *1* — 325°; *2* — 350°

Рис. 4. Зависимость времени начала рекристаллизации от температуры для алюминиевых фольг разной толщины

Для наиболее толстых фольг, использованных в настоящей работе, приведенное выше уравнение более или менее удовлетворительно выполнялось. Энергия активации рекристаллизации обработки в фольгах толщиной от 3,1 до 7,1 μ оказалась равной 50—54 ккал/г-ат. Эти значения хорошо согласуются с имеющимися в литературе данными (52,1 ккал/г-ат[3] и 58 ккал/г-ат[4]).

Для фольг толщиной 1,7; 2,0 и 2,3 μ не получена прямолинейная зависимость в координатах $\ln\tau - 1/T$. Следовательно, для тонких и для толстых слоев металла справедливы разные законы температурной зависимости времени начала рекристаллизации.

Можно предположить, что «эффект толщины» сказывается не на скорости зарождения, а на скорости роста новых кристаллов. В единицу времени в единице объема зарождается одинаковое число кристаллов в тонком и в толстом слое, но рентгеновский метод фиксирует появление новых кристаллов только тогда, когда они достигли определенной вели-

чины. Эта величина достигается кристаллами, растущими в тонком слое позднее, чем в толстом. Поэтому рентгенографически фиксируемое время начала рекристаллизации в тонкой фольге больше, чем в толсто

В работе ([2]) повышение температуры полиморфного превращения кобальте от 525 до 665° при уменьшении толщины слоя от 7130 до 2090 объяснено увеличением удельной поверхностной энергии, приходящейся на единицу объема. В нашем случае, при уменьшении толщины фольг роль поверхностной энергии также должна возрастать.

Установленный на алюминии «эффект толщины», проявляющийся затруднении рекристаллизации обработки тонких фольг, должен наблю даться у всех металлов.

Московский институт цветных металлов и золота
им. М. И. Калинина

Поступило
7 VI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] М. И. Захарова, И. Н. Соболева, ДАН, **108**, 841 (1956). [2] H. H. Stadelmaier, R. C. Hock. Acta Metall., **4**, № 2 (1956). [3] W. A. Anderson, R. F. Mehl. Trans. AIMME, **161**, 140 (1945). [4] H. V. Aström, Ark. Fys., **10**, 19 (1956).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ХИМИЯ

А. Д. ГЕЛЬМАН и М. П. МЕФОДЬЕВА

К ВОПРОСУ О ПОЛУЧЕНИИ ТРЕХВАЛЕНТНОГО НЕПТУНИЯ

(Представлено академиком И. И. Черняевым 24 VI 1957)

В работах, посвященных химии нептуния, трехвалентному состоянию этого элемента уделяется сравнительно мало места. Это можно объяснить трудностью получения и исследования Np (III). На воздухе Np(III) быстро окисляется, особенно в присутствии фторидов или оксалатов, а также в щелочной среде ([1]). Разбавленные растворы Np(III) (0,005 *M*) в 1 *M* HCl имеют бледно-фиолетовую окраску и похожи по виду на растворы U(III) и Pu(III) ([2]). Был исследован спектр поглощения Np(III) в хлорнокислом ([3]) и солянокислом ([4]) растворах и вычислены молярные коэффициенты поглощения в максимумах, главные из которых находятся при длинах волн 402, 416, 462, 553, 602, 661 и 788 мμ.

До настоящего времени для получения Np (III) использовались электрохимические методы ([3,4]) причем были необходимы большие предосторожности для сохранения нептуния в трехвалентном состоянии.

Целью нашей работы было исследование возможности получения Np(III) химическим путем, а именно действием на растворы нептуния ронгалитом (формальдегид - сульфоксилат натрия $NaHSO_2 \cdot CH_2O \cdot 2H_2O$). Идентификация валентных состояний нептуния в растворах осуществлялась спектрофотометрическим методом, на приборе СФ-4. При всех измерениях в качестве сравнительного применялся раствор, содержащий те же компоненты, что и измеряемый (за исключением нептуния) и подвергнутый тем же операциям.

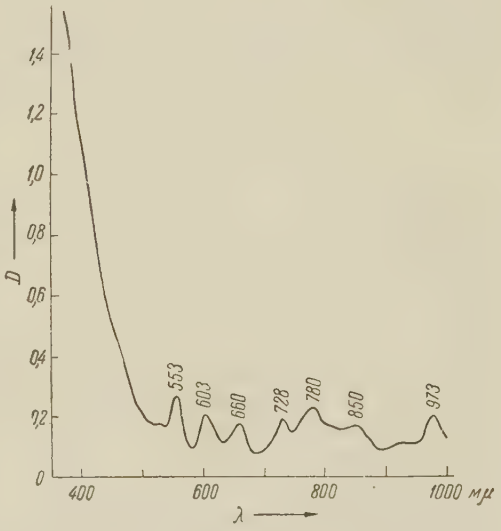


Рис. 1. Кривая поглощения раствора нептуния (1*M* HNO_3; $(NH_4)_2SO_4$ 10 г/л), восстановленного ронгалитом в атмосфере азота

Действие ронгалита на азотнокислые растворы нептуния. Прибавление ронгалита в кювету с раствором нептуния (IV) в 1,3 *M* HNO_3 привело к изменению окраски от желто-зеленой к интенсивно желтой. Измерение спектра поглощения обнаружило образование в растворе нептуния (III).

Наличие в спектре поглощения восстановленного раствора нептуния максимумов при длинах волн 659, 784 и 850 мμ указывало на восстановление нептуния до трехвалентного состояния. Наибольшая полнота восстановления достигалась через 30—45 мин.

В большинстве опытов концентрация ронгалита составляла 10 г/л, а нептуния 1—1,5 г/л. С целью предохранения раствора нептуния (III) от окисления кислородом воздуха были проделаны опыты по восстановлению нептуния в атмосфере азота.

Некоторое количество Np(IV) остается в растворе, как видно из наличия максимумов при 728 и 973 мμ (рис. 1). Однако устойчивость Np(III) заметно возросла: измерение спектра через сутки не обнаружило окисления в закрытой кювете. Продуванием воздуха нептуний был вновь переведен в четырехвалентное состояние. Приняв содержание нептуния (IV) за 100% в окисленном растворе, по высоте максимумов 728 и 973 мμ определили, что восстановление ронгалитом проходило приблизительно на 70%.

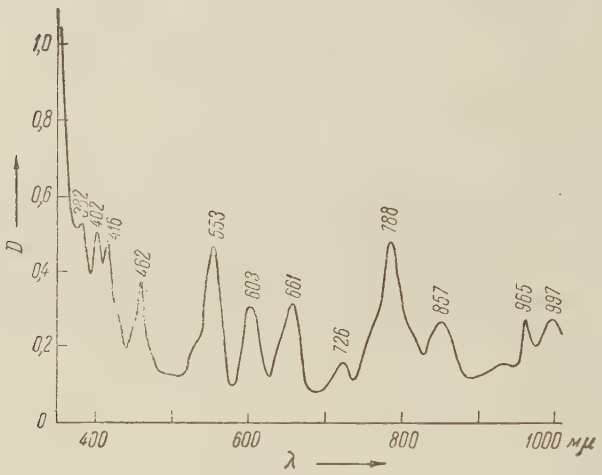


Рис. 2. Кривая поглощения раствора Np (III) с примесью (IV) в 1 *M* HCl

Действие ронгалита на солянокислые растворы нептуния. Прибавление ронгалита к солянокислому раствору нептуния (IV) привело к восстановлению его до трехвалентного состояния. Наибольшая полнота восстановления наблюдалась через 30—60 мин. после прибавления ронгалита. Однако если в азотнокислых растворах уже после 2 час. стояния на воздухе наблюдался рост максимумов Np(IV), то в солянокислом растворе спустя 4 часа наблюдалось лишь незначительное окисление. Солянокислый раствор имел фиолетово-голубую окраску.

Для оценки полноты восстановления, как и в случае азотнокислых растворов, принимали содержание нептуния (IV) в окисленном растворе за 100%. Была построена калибровочная кривая, выражающая зависимость высоты максимума 728 мμ от содержания Np(IV). Пользуясь этой кривой, определили, что восстановление нептуния до трехвалентного состояния в солянокислых растворах, не содержащих других восстановителей, происходит на 75—78%. В присутствии гидразина ($N_2H_4 \cdot H$ 20 г/л) полнота восстановления возрастает до 84—86%. Проведение процесса в атмосфере азота увеличивало полноту восстановления до 90—94%. Спустя сутки стояния в атмосфере азота не наблюдалось признаков окисления (рис. 2).

Таким образом, в солянокислых растворах происходит более полное восстановление до Np(III), и последний здесь более устойчив, чем в азотнокислых растворах.

Институт физической химии
Академии наук СССР

Поступило
13 VI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Г. Сиборг, Дж. Катц, Актиниды, гл. 12, 1955, стр. 378, 393. [2] J. C. Hindman, L. B. Magnusson, T. J. La Chapelle, The Transuranium Elements, 15, 2, 1039 (1949). [3] R. Sjoblom, J. C. Hindman, J. Am. Chem. Soc., 1744 (1951). [4] L. B. Magnusson, T. J. La Chapelle, J. C. Hindman, The Transuranium Elements, **15**, 3, 1050 (1949).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

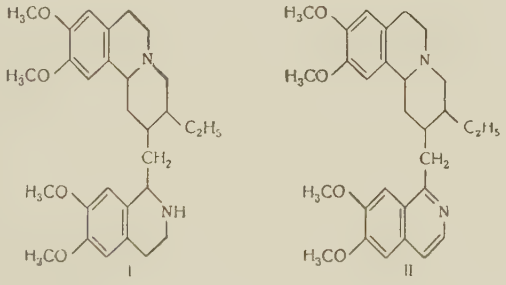
ХИМИЯ

Р. П. ЕВСТИГНЕЕВА, Ю. БРАЙЕР и Н. А. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ

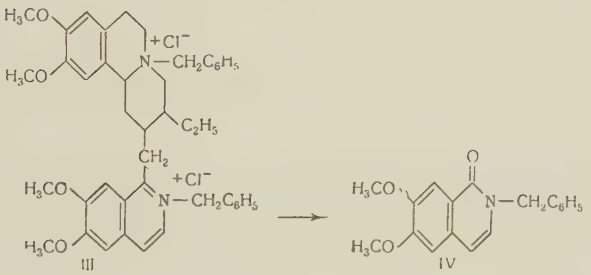
СИНТЕЗ АЛКАЛОИДА ЭМЕТАМИНА

(Представлено академиком И. Н. Назаровым 27 VI 1957)

Эметамин является одним из представителей группы алкалоидов, выделенных из корней ипекакуаны. В растении он содержится в незначительном количестве и очень трудно выделяется в чистом виде. Было установлено, что эметамин отличается от главного алкалоида ипекакуаны — эметина меньшим содержанием водорода (на 4 атома). Было высказано предположение, что эметамин содержит в своем составе изохинолиновый цикл, в то время как эметин является производным тетрагидроизохинолина ([1]). Основные превращения алкалоида подтверждали эту возможность. Однако предложенная в то время формула основывалась на неправильной структуре эметина. После установления строения эметина (I) для эметамина была принята формула II.

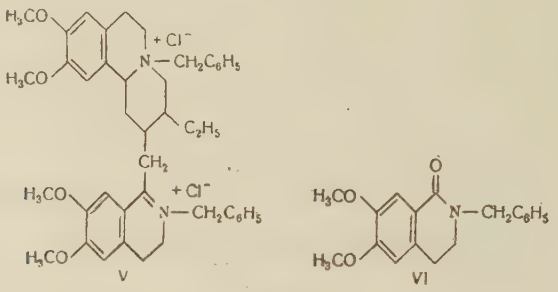


В последнее время правильность структуры II была подтверждена превращением бисбензилхлорида эметамина (III) при окислении перманганатом в N-бензилизохинолон (IV) ([2]).



На основании аналогичных превращений бисбензилхлорида *о*-метилпсихотрина (V), приведших к получению (с хорошим выходом) бензил-

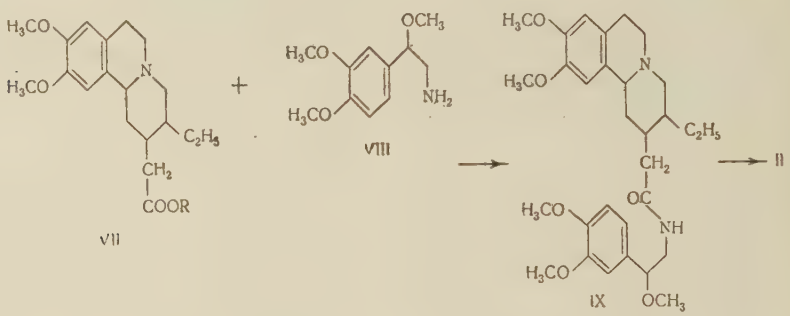
коридальдина (VI), можно считать, что двойная связь изохинолинового производного IV не могла образоваться при окислении.



V VI

В настоящем сообщении описывается синтез рацемического эметамина, в результате которого структура этого алкалоида может считаться окончательно установленной.

Синтез был осуществлен по схеме, разработанной нами ранее для получения эметина ([3]).



VII VIII IX

Метиловый эфир 4′,5′-диметокси-6-этил-3,4,5,6,7,8-гексагидро-бензо(1,2 : 1′,2′)-хинолизил-7-уксусной кислоты (VII) получают по описанному нами методу с применением скелетного никелевого катализатора для восстановления четвертичного хлорида ([3]). Температура плавления хлоргидрата (кристаллогидрата) 195—195,5° (189° деформируется). β-(3,4-Диметоксифенил)-β-метоксиэтиламин (VIII) получают из ванилина ([4]). Т. кип. 112—115°/1 мм.

При нагревании эфира VII с амином VIII при 180—200° в токе азота получают амид IX, который выделяется из безводного этилового спирта в виде бесцветных кристаллов. Т. пл. 172,5—173,5°.

	Найдено %	C 68,66; 68,45;	H 7,97; 7,83;	N 5,49; 5,48
$C_{30}H_{42}O_6N_2$.	Вычислено %	C 68,44;	H 8,02;	N 5,31

Циклизация амида хлорокисью фосфора в толуоле приводит к эметамину. Основание выделяется в виде белого аморфного вещества, которое переводят в оксалат.

Т. пл. 141,5—142,5° (из этилового спирта). Перед анализом препарат сушат при 117° и 1 мм в течение часа.

	Найдено %	C 60,23; 60,64;	H 6,16; 6,12;	N 3,89; 3,84
$C_{28}H_{36}O_4N_2 \cdot 2C_2H_2O_4$	Вычислено %	C 60,34;	H 6,14;	N 4,27

Основание эметамина, выделенное из оксалата, имеет т. пл. 124—125° (0° деформируется):

	Найдено %: C 73,46; H 7,58; N 5,55
$C_{29}H_{36}O_4N_2$.	Вычислено %: C 73,10; H 7,62; N 5,88

При окислении рацемического основания эметамина бромом получен брэметаминбромид в виде оранжево-красных кристаллов. Т. пл. 170—5°.

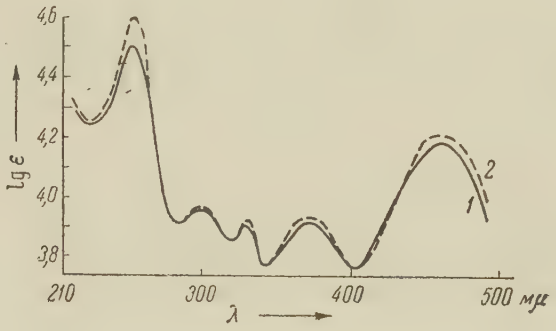


Рис. 1. Ультрафиолетовые спектры поглощения в воде: *1* — синтетический рубрэметаминбромид, *2* — рубрэметаминбромид из природного алкалоида (5)

Ультрафиолетовый спектр поглощения синтетического рубрэметаминомида идентичен (рис. 1) спектру рубрэметаминбромида, полученного природного алкалоида (5).

Поступило
16 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] W. H. Brindley, F. L. Pyman, J. Chem. Soc., **1927**, 1067. [2] A. R Battersby, Special Publication, № 3, Chem. Soc., 1955, p. 36. [3] Р. П. Евстигнеева, С. Лившиц и др., ДАН **75**, 539 (1950); ЖОХ, **22**, 1467 (1952). [4] G. Tsatsas, Bull. Soc. Chim. France, № 11—12, 884 (1949). [5] P. Karrer, C. H. Eugster, R. Rüttner, Helv. Chim. Acta, **31**, 1219 (1948).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ХИМИЯ

Ч. П. ИВАНОВ и Б. В. АЛЕКСИЕВ

О ДИАЗОТИРОВАНИИ 2-*n*-АМИНОАРИЛИНДОНОВ. ПОЛУЧЕНИЕ АЗОКРАСИТЕЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ИНДЕНОВЫЙ ЦИКЛ

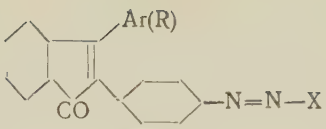
(Представлено академиком И. Н. Назаровым 27 VI 1957)

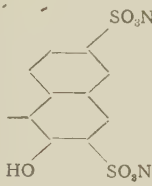
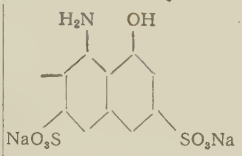
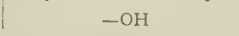
В одной из предыдущих работ было установлено, что полученные на нитропроизводные 2,3-диарил- и 2-арил-3-алкилиндонов ([1]) превращаются с высоким выходом в соответствующие аминоиндоны при действии сернокислой закиси железа в щелочной среде ([2]). Целью настоящей работы было установление подходящих условий для диазотирования аминоиндонов, что позволило бы получить азокрасители, содержащие инденовый цикл, которые до сих пор не были получены. В литературе описано только несколько азокрасителей, содержащих гидринденовый цикл ([3,4]).

Обычные методы диазотирования не могут быть приложены для аминоиндонов из-за их слабоосновного характера и трудной растворимости их солей в воде. Сначала мы попытались провести диазотирование в среде ледяной уксусной кислоты ([5]) и сочетать вероятно получаемую при этом диазониевую соль с β-нафтолом. Однако был получен темно-коричневый смолообразный продукт, который дальше не исследовался. Опыты по диазотированию в среде концентрированной серной кислоты в присутствии фосфорной кислоты ([6]) и сочетанию с β-нафтолом также дали отрицательный результат. Тогда мы попытались провести диазотирование аминоиндонов в не совсем концентрированной сернокислой среде, используя растворитель с основным характером (пиридин) по де Мильтиван Зандт ([7]), и сочетать полученную диазониевую соль с β-нафтолом. Из нейтрального эфирного раствора мы выделили темно-красно-фиолетовую массу с т. пл. 197—199°, труднорастворимую в спирте и нерастворимую в воде и щелочах. Имея в виду, что β-нафтол сочетается всегда в α-положении, причем получаются нерастворимые в щелочах и труднорастворимые в органических растворителях продукты ([8]), и учитывая результаты определения содержания азота в этом соединении, мы считаем, что оно представляет бензолазонафтол, включающий инденовый цикл, а именно, *n*-(2-(3-фенилиндонил))-бензолазо-1-нафтол-(2) (I) (см. табл. 1). Из щелочной вытяжки, полученной при том же опыте, мы изолировали наряду с непрореагировавшим β-нафтолом, небольшое количество красных кристаллов с т. пл. 281—285,5°, растворимых в разбавленной щелочи на холоду и нерастворимых в воде. Наше предположение о том, что этот продукт представляет описанный Кельшем ([9]) 2-*n*-оксифенил-3-фенилиндон, не подтвердилось. Оказалось, что эти кристаллы содержат значительный процент азота, отвечающий вычисленному для соответствующей диазокислоты дифенилиндона (X). Известно, что некоторые анти-формы диазокислот обладают значительной устойчивостью, в связи с чем подобное строение продукта может считаться вероятным. Упомянутый выше 2-*n*-оксифенил-3-фенилиндон мы получили при разложении диазониевой соли аминодифенилиндона при описанных ([10]) условиях, но при 75—80°.

Чтобы получить водорастворимые соединения, мы испытали сочетание диазотированного аминодифенилиндона с Р-солью и Аш-кислотой

Таблица 1



Соединение	Ar(R)	X	Т. пл., °С	Выход, %	N выч., %	N найд. (по Кьельдалю), %
I	C_6H_5		197—199	52,7	6,19	6,03; 6,00
II	$C_6H_5{\cdot}CH_3$-*n*		226–228	46,0	6,0	5,71; 5,76
III	C_2H_5		187,5—189	48,4	6,93	6,91; 7,10
IV	C_6H_5		—	80,2	4,27	4,34; 4,28
V	$C_6H_4{\cdot}CH_3$-*n*		—	80,7	4,18	4,21; 4,14
VI	C_2H_5		—	70,0	4,60	4,55; 4,67
VII	C_6H_5		—	79,5	6,26	5,99; 6,06
VIII	$C_6H_4{\cdot}CH_3$-*n*		—	76,8	6,13	5,89; 5,90
IX	C_2H_5		—	67,7	6,74	6,54; 6,48
X	C_6H_5		281—282,5	—	8,59	8,63; —

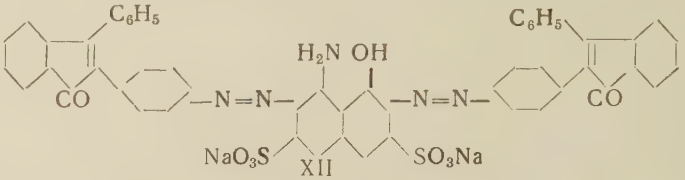
Сочетание с Р-солью проводилось в растворе соды. После высаливания хлористым натрием при 70° был получен темно-красный кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде. Шерсть и шелк окрашиваются им в темно-красный цвет. Устойчивость окраски на шерсти равна 5 (определена устойчивость к стирке и поту). Метод получения, свойства и результаты определения содержания азота в этом продукте дают нам основание считать его двунатриевой солью *n*-(2-(3-фенилиндонил))-бензолазо-1-нафтол-(2)-дисульфокислоты-(3,6) (IV).

Сочетание с Аш-кислотой проводилось сначала в минерально-кислой среде при pH около 2—2,5. Был получен темносине-фиолетовый кристаллический порошок, окрашивающий шерсть и шелк в фиолетово-красный цвет. Устойчивость окраски на шерсти 5 (к стирке и к поту). Имея в виду, что Аш-кислота сочетается с диазониевыми солями в минерально-кислой среде в положении 7, считаем, что данное соединение представляет динатриевую соль *n*-(2-(3-фенилиндонил))-бензолазо-7-(8-амино)-нафтол-(1)-дисульфокислоты-(3,6) (VII). Было проведено также сочетание диазотированного аминодифенилиндона с Аш-кислотой в щелочной среде. При этом был получен хорошо растворимый в воде темно-фиолетовый кристаллический порошок, окрашивающий шерсть и шелк в черный цвет с фиолетовым оттенком. По вышеизложенным соображениям мы считаем это соединение динатриевой солью *n*-(2-(3-фенилиндонил))-бензолазо-2-(8-амино)-нафтол-(1)-дисульфокислоты-(3, 6) (XI).

Из диазотированного аминодифенилиндона и Аш-кислоты был получен и соответствующий первичный дисазокраситель путем последовательного сочетания в минеральнокислой и щелочной среде. Он представлял черный кристаллический порошок, для которого мы принимаем строение динатриевой соли *бис*-(*n*-(2-(3-фенилиндонил))-бензолазо)-2,7-(8-амино)-нафтол-(1)-дисульфокислоты-(3, 6) (XII). Этот продукт окрашивает шерсть и шелк в черный цвет с темно-синим оттенком. При концентрациях меньше 1% окрашивает шерсть в серый цвет.

Диазотирование 2-*n*-аминофенил-3-*n*-толилиндона протекало аналогично. При сочетании диазониевой соли с β-нафтолом был получен *n*-(2-

(3-*n*-толилиндонил))-бензолазо-1-нафтол-(2) (II) со свойствами, анало гичными свойствам I. При сочетании с Р-солью и Аш-кислотой был получены продукты, подобные вышеописанным, для которых мы прини маем структуру динатриевых солей *n*-(2-(3-*n*-толилиндонил))-бензолазо-1 нафтол-(2)-дисульфокислоты-(3, 6) (V) и *n*(2-(3-*n*-толилиндонил))- бен золазо-7-(8-амино)-нафтол-(1)-дисульфокислоты-(3, 6) (VIII).



Диазониевая соль 2-*n*-аминофенил-3-этилиндона была получена по аналогичному методу. При сочетании с β-нафтолом она дала *n*-(2-(3-этилиндонил))-бензолазо-1-нафтол-(2) (III), а с Р-солью и Аш-кислотой динатриевые соли *n*-(2-(3-этилиндонил))-бензолазо-1-нафтол-(2)-дисульфокислоты-(3, 6) (VI) и *n*-(2-3-этилиндонил))-бензолазо-7-(8-амино)-нафтол-(1)-дисульфокислоты-(3, 6) (IX).

Экспериментальная часть

1. Сочетание аминоиндонов с β-нафтолом. 0,310—0,414 г (0,0015 г-моля в 3—4-кратном избытке) измельченного нитрита натрия растворялись в смеси 14 мл конц. серной кислоты и 7 мл воды при нагревании до 70°. После охлаждения до 10° при непрерывном энергичном размешивании по каплям прибавлялся раствор 0,446 г (0,0015 г-моля) аминодифенилиндона в 10 мл пиридина. При этом температура не должна повыситься выше 10°. После размешивания в продолжение 1 часа смесь разбавлялась двойным объемом (62 мл) ледяной воды и прибавлялось 2 г мочевины. К полученному почти прозрачному оранжево-красному раствору при той же температуре приливали раствор 0,227 г (0,0015 г-моля + 5% избытка) β-нафтола в 10 мл пиридина и подщелачивали разбавленным раствором щелочи. Через час смесь подкисляли разбавленной серной кислотой и экстрагировали эфиром. Фиолетово-красный эфирный раствор последовательно обрабатывали 18%-й соляной кислотой и разбавленной щелочью. После отгонки эфира из нейтрального раствора было получено 0,358 г темно-красно-фиолетовых кристаллов с т. пл. 197—199° (из спирта) (I). Они нерастворимы в воде и щелочах и плохо растворимы в спирте и гораздо лучше в бензоле и ацетоне. Из щелочных вытяжек после подкисления и экстракции эфиром было получено 0,270 г кислых продуктов, из которых после отмывки 10 мл эфира изолировалось 0,021 г красных кристаллов с т. пл. 281—192,5° (X). Из кислотных вытяжек было выделено 0,039 г продуктов основного характера.

Аналогично из 0,467 г аминофенилтолилиндона было получено 0,322 г фиолетово-красных кристаллов с т. пл. 226—228° (из спирта) (II). Из щелочной, соответственно, кислотной вытяжки в этом случае было изолировано 0,204 г кислых и 0,115 г основных продуктов. При обработке кислых продуктов 10 мл эфира было выделено 0,018 г кирпично-красных кристаллов с т. пл. 284—286°. Так же из 0,450 г аминофенилэтилиндона были получены 0,353 г красновато-коричневых кристаллов с т. пл. 187,5—189° (из спирта) (III). В этом случае было получено 0,280 г кислых и 0,055 г основных продуктов. Из экстрагированного щелочного продукта было выделено 0,015 г. коричневых кристаллов с т. пл. 275—276,5°.

2. Сочетание аминоиндонов с Р-солью. 0,653 г (0,0015 г-моля в избытке 25%) Р-соли растворялось в 150—200 мл конц. раствора карбоната натрия, охлаждалось до 2—5° и к раствору по каплям прибавлялся раствор 0,446 г аминодифенилиндона, диазотированного по вышеописанному методу. Полученный краситель выделялся высаливанием

пористым натрием (16—17 г на каждые 100 мл раствора) при 70° (уд. в. фильтрата при 20°—1,17—1,18), промывался раствором хлористого натрия с уд. в. 1,17, растворялся в воде, высаливался и фильтровался вновь в тех же условиях. После высушивания при 100° краситель извлекали многократным кипячением с абсолютным спиртом. После концентрирования до небольшого объема получалось 0,790 г темно-красного кристаллического порошка (IV), хорошо растворимого в воде и плохо в спирте, нерастворимого в бензоле и эфире. При аналогичном опыте из 0,234 г аминофенилтолилиндона получено 0,405 г красного кристаллического порошка (V), а из 0,225 г аминофенилэтилиндона 0,388 г кирпично-красного порошка (VI), со свойствами, аналогичными вышеописанным.

3. Сочетание аминоиндонов с Аш-кислотой. 0,446 г аминодифенилиндона диазотировалось по вышеописанному методу, разбавлялось ледяной водой и к раствору прибавлялось 2 г мочевины. После этого при температуре 2—5° и при интенсивном размешивании прибавлялся по каплям раствор 0,640 г (0,0015 г-моля при 25% избытке) Аш-кислоты в 30 мл воды. pH среды доводили до 2—2,5 при помощи водного раствора уксуснокислого натрия и смесь размешивали еще 5—6 часов при той же температуре, причем в растворе необходимо иметь избыток Аш-кислоты (проба с хлористым фенилдиазонием). Полученный краситель выделяли и очищали по вышеописанному методу, причем получалось 0,802 г темно-сине-фиолетового кристаллического порошка (VII), подобного IV по своим свойствам. При тех же условиях из 0,234 г аминофенилтолилиндона получено 0,395 г фиолетово-синего кристаллического порошка (VIII). Аналогично из 0,225 г аминофенилэтилиндона получалось 0,380 г фиолетово-красного кристаллического продукта (IX).

4. Получение продукта XI. 0,640 г Аш-кислоты растворялось в 150—200 мл конц. раствора соды. После этого к раствору прибавлялся при условиях, описанных в опыте 2, диазониевый раствор, полученный из 0,446 г аминодифенилиндона. Выделение полученного продукта было проведено аналогично уже описанным опытам. Было получено 0,855 г (выход 84,9%) темно-фиолетового кристаллического порошка со свойствами, подобными описанным для IV и VII.

Найдено %: N 6.34; 6,26
$C_{31}H_{19}O_8N_3S_2Na_2$. Вычислено %: N 6,26

5. Получение продукта XII. 0,223 г (0,00075 г-моля) аминодифенилиндона диазотировалось и сочеталось с 0,240 г (0,00075 г-моля) Аш-кислоты по методу, описанному в опыте 3. После окончания сочетания раствор подщелачивался карбонатом натрия и при температуре 2—5° к нему прибавлялся диазониевый раствор 0,223 г. аминодифенилиндона. После размешивания в продолжение нескольких часов полученный краситель выделялся по уже описанному методу. Было получено 0,384 г (выход 52,2%) черного кристаллического порошка, плохо растворимого в холодной воде и хорошо в горячей, труднорастворимого в спирте и нерастворимого в бензоле и эфире. В нитробензоле продукт растворяется хорошо.

Найдено %: N 6,98; 6,92
$C_{52}H_{31}O_9N_5S_2Na_2$. Вычислено %: N 7,15

Софийский химико-технологический институт
София, Болгария

Поступило
3 VI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Ч. Иванов, Б. Алексиев, ДАН, **94**, 1, 57 (1954). [2] Ч. Иванов, Б. Алексиев, ДАН, **106**, 2, 275 (1956). [3] W. Borsche, G. John, Chem. Zbl., **2**, 88 (1924); W. Mills, Iv. Nixon, J. Chem. Soc., **1930**, 2520. [4] L. Fieser, W. Lothrop, J. Am. Chem. Soc., **58**, 2050 (1936); J. Am. Chem. Soc., **59**, 945 (1937). [5] L. Fieser, W. Campbell, J. Am. Chem. Soc., **60**, 1145 (1938). [6] H. Schoutissen, J. Am. Chem. Soc., **55**, 4531 (1933). [7] C. de Milt, G. van Zandt, J. Am. Chem. Soc., **58**, 2044 (1936). [8] C. Liebermann, Ber., **16**, 2858 (1883); W. Lothrop, J. Am. Chem. Soc., **60**, 725 (1938). [9] C. Koelsch, J. Am. Chem. Soc., **58**, 1331 (1936). [10] V. Paranjpe, N. Phalnikar, B. Bhide, Zbl., № 48, 10938 (1954).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ХИМИЯ

ВЛ. КАБАИВАНОВ и М. МИХАЙЛОВ

О ПОЛУЧЕНИИ АЦЕТОНЦИАНГИДРИНА (α-ОКСИИЗОБУТИРОНИТРИЛА) ИЗ АЦЕТОНА И ЦИАНИСТОГО НАТРИЯ*

(Представлено академиком И. Н. Назаровым 27 VI 1957)

Известно, что ацетонциангидрин можно получить из ацетона и циани стых солей щелочных металлов двумя способами: при действии мине ральной кислоты на смесь из ацетона и раствора цианистой соли щелоч ного металла ([1]) или же при действии предварительно полученного би сульфитного производного ацетона на раствор цианистой соли щелочног металла ([2]).

С другой стороны, Рашиг установил ([3]), что ацетон поглощает экви молекулярное количество сернистого газа и образует молекулярное соеди нение $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 \cdot SO_2$ с $d^8 = 1{,}08$, которое при продолжительно контакте с водой превращается в пропанол-2-сульфоновую-2 кислоту, при взаимодействии с растворами щелочей легко превращается в бисуль фитное производное.

Имея в виду вышеуказанные факты, а также то обстоятельство, чт сернистая кислота является более сильной кислотой, чем цианистоводо родная кислота, вследствие чего H_2SO_3 может вытеснять HCN из ее со лей, была изучена возможность получения ацетонциангидрина путем вза имодействия $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 \cdot SO_2$ с ацетоном и NaCN в присутствии вод по следующим уравнениям:

$$CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 \cdot SO_2 + NaCN + H_2O \longrightarrow CH_3-\underset{\displaystyle SO_3Na}{\overset{\displaystyle OH}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH_3 + HCN, \qquad (1)$$

$$CH_3-\underset{\displaystyle SO_3Na}{\overset{\displaystyle OH}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH_3 \xrightarrow[-Na_2SO_3]{+NaCN} CH_3-\underset{\displaystyle CN}{\overset{\displaystyle OH}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH_3 \qquad (2)$$

$$HCN \xrightarrow[(NaCN)]{+CH_3 \cdot CO \cdot CH_3}$$

Большим числом опытов было установлено, что эти реакции протека ют гладко и практически до конца, если их проводить при температур ниже 25°.

При соблюдении этого условия необходимо работать не в присутст вии 1 г-моля воды, как это видно из уравнения (1), а в присутстви

* Авторы приносят благодарность В. Янчеву за помощь, которая было оказана и при экспериментах.

3 г-молей воды на 1 г-моль $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 \cdot SO_2$, так как образующийся вторичный продукт (1 г-моль Na_2SO_3) присоединяет 7 г-молей воды в виде кристаллогидрата.

Было установлено также, что при использовании указанного количества воды большая часть NaCN, который вводится в процесс, переходит в раствор, а циангидрин получается практически в виде продукта, не содержащего воду. При введении в процесс 20—30% избытка ацетона наблюдается повышение выхода свыше 95% теоретического выхода по отношению к NaCN.

Избыток ацетона можно легко регенерировать путем дистилляции полученного продукта.

Извлечение ацетонциангидрина, который задерживается осадком $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$, наиболее целесообразно проводить при помощи ацетона.

Непрореагировавший, а также использованный при промывании ацетон можно употреблять для замены части и даже всего количества ацетона при проведении новых опытов.

Полученный ацетонциангидрин, очищенный от непрореагировавшего ацетона, имеет концентрацию в среднем около 95% и может быть использован в таком состоянии в качестве исходного продукта для какого-либо синтеза. Например, из него успешно был синтезирован метилметакрилат.

Предлагаемый метод имеет следующие основные преимущества в сравнении с другими методами, описанными в литературе для получения ацетонциангидрина из ацетона и NaCN:

1. В то время как для получения 1 г-моля ацетонциангидрина при помощи этих методов необходимо не менее 1 г-моля минеральной кислоты, соответственно $NaHSO_3$, то при новом методе расход SO_2 составляет в среднем $^1/_2$ г-моля.

2. Реакционный продукт получается безводным и не нуждается в дополнительной сушке, как это делают при получении продукта в водной среде при помощи других методов.

3. Вследствие отсутствия в конце процесса водного слоя с растворенным в нем ацетонциангидрином исключается также необходимость использовать органические растворители для его экстрагирования.

4. Выход ацетонциангидрина по новому методу значительно выше, чем при других методах, которые требуют, чтобы работа велась в водной среде.

Экспериментальная часть

1. Насыщение ацетона сернистым газом. В коническую колбу Эрленмейера, снабженную каучуковой пробкой с двумя трубками, наливают определенное количество ацетона и насыщают его при охлаждении SO_2 из цилиндра. Газоотводная трубка при помощи каучуковой трубки сообщается с внешней атмосферой для устранения сернистого газа, который к концу процесса не может абсорбироваться ацетоном. Насыщение продолжают до тех пор, пока при взвешивании не будет установлено, что ацетон абсорбировал эквимолекулярное количество SO_2.

2. Получение ацетонциангидрина. В трехгорлую колбу вместимостью 1 л и снабженную ртутным затвором, механической мешалкой, капельной воронкой и термометром, насыпают 155 г 95% NaCN и добавляют 210 г воды и 150 г 95% ацетона. Последний можно частично или полностью заменить регенерированным ацетоном от предшествующих опытов.

Колбу, содержащую реакционную смесь, охлаждают ниже 25° водопроводной водой. Затем включают мешалку и через 15 мин. начинают прибавлять из воронки по каплям 180 г $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 \cdot SO_2$. Это количество $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 \cdot SO_2$ прибавляют за $1^1/_2$ часа, не допуская при этом повышения температуры реакционной смеси выше 25°.

При прибавлении первых порций $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 \cdot SO_2$ начинает выделяться белый осадок $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$. В дальнейшем растворимая часть реакционного продукта приобретает консистенцию масла и принимает желтую окраску, которая постепенно переходит в оранжевую.

После того как прибавление $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 \cdot SO_2$ закончится, реакционная смесь размешивается в продолжение 1 часа до тех пор, пока реакция смеси не станет щелочной (pH 8—9 по универсальному индикатору). Затем смесь фильтруют через воронку Бюхнера.

Независимо от того, взят ли для опыта неиспользованный ацетон или же промывной, регенерированный от предшествующих опытов ацетон, получается 300—360 г фильтрата, содержащего 70—73% ацетонциангидрина, что составляет 80—84% теоретического выхода по отношению к NaCN.

При промывании осадка $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$ чистым ацетоном получается еще 100—130 г фильтрата, содержащего 40—35% ацетонциангидрина, который составляет 18—10% теоретического выхода по отношению к NaCN. Очевидно, что суммарный выход является почти количественным.

В дальнейшем основной фильтрат, к которому можно прибавить и промывной ацетон, подкисляют концентрированной серной кислотой до pH 2 и дистиллируют при 60—70° и 70 мм рт. ст. для устранения непрореагировавшего ацетона.

При этих условиях получается ацетонциангидрин, имеющий концентрацию 94—96%, а также ацетон, который содержит 2—3% цианистого водорода. Средняя потеря ацетонциангидрина при дистилляции непрореагировавшего ацетона около 2—3%.

В настоящей работе концентрация ацетонциангидрина во всех случаях определялась по методу Либига: 0,5 г продукта растворяли в 25 мл 10% KOH и титровали 0,1 *N* раствором $AgNO_3$.

Софийский химико-технологический институт
София, Болгария

Поступило
7 VI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Синтезы органических препаратов, сборн. 2, ИЛ, 1949, стр. 566, 567. [2] H. Bucherer, A. Grolée, Ber., **39**, 1225 (1906); Герм. пат. 141509; Chem. Zbl., **1**, 1244 (1903); Organic Syntheses, **20**, London, 1940, p. 43. [3] F. Raschig, W. Prahl, Lieb. Ann., **448**, 285 (1926).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ХИМИЯ

И. К. КОРОБИЦЫНА, И. Г. ЖУКОВА, В. В. ВОРОНКОВА и Ю. К. ЮРЬЕВ

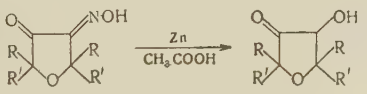
СИНТЕЗ 4-ОКСИ-2,2,5,5-ТЕТРААЛКИЛФУРАНИДОНОВ-3 ВОССТАНОВЛЕНИЕМ 4-ИЗОНИТРОЗО-2,2,5,5-ТЕТРААЛКИЛФУРАНИДОНОВ-3

(Представлено академиком А. Н. Несмеяновым 28 VI 1957)

Из литературных даных известно, что попытки синтеза оксикетонов ряда фуранидина — 4-оксифуранидонов-3 не давали положительного результата ([1,2]).

Поскольку не представляется возможным применить для синтеза 4-окси-2,2,5,5-тетраалкилфуранидонов-3 обычные методы, используемые для получения ацилоинов ([3]), мы принуждены были искать иных путей. Известно, что действие восстановителей, в том числе и цинковой пыли в уксусной кислоте ([4, 5, 6]), на изонитрозокетоны как алифатического, так и алициклического ряда приводит обычно либо к аминокетонам, либо к продуктам их конденсации. Однако Стодол в 1941 г. отметил интересный случай аномального течения реакции, когда продуктом восстановления изонитрозодегидроизоандростерона цинковой пылью в 90% уксусной кислоте оказался оксидегидроизоандростерон ([7]).

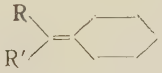
Мы установили, что при 6—7-часовом нагревании 4-изонитрозо-2,2,5,5-тетраалкилфуранидонов-3 с цинковой пылью в 50% уксусной кислоте получаются не аминокетоны, а оксикетоны — 4-окси-2,2,5,5-тетраалкилфуранидоны-3 с выходами 64—78%:



$R = R' = CH_3$ (I)

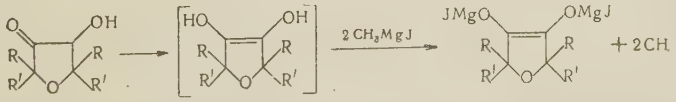
$R = CH_3$; $R' = C_2H_5$ (II)

(III)



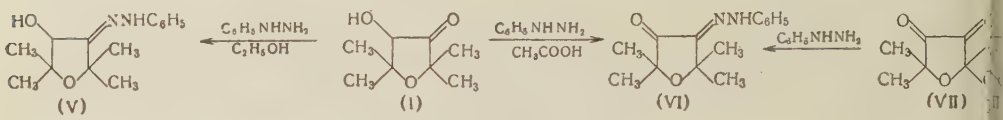
(IV)

При определении числа подвижных атомов водорода ([8]) мы установили наличие в 4-окси-2,2,5,5-тетраалкилфуранидонах-3 двух подвижных атомов водорода, что следует объяснить участием в реакции с избытком йодистого метилмагния эндиольной формы 4-окси-2,2,5,5-тетраалкилфуранидонов-3:



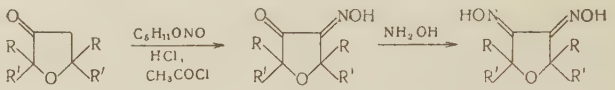
Это подтверждается также и тем, что 2,2,5,5-тетраметилфуранидоне-3 мы обнаружили лишь один подвижный атом водорода. При взаимодействии 4-окси-2,2,5,5-тетраметилфуранидона-3 (I) с фенилгидразином в спирто-

вом растворе образуется фенилгидразон 4-окси-2,2,5,5-тетраметилфурани-
дона-3 (V), тогда как в уксуснокислой среде был получен монофенил-
гидразон 2,2,5,5-тетраметилфуранидиндиона-3,4 (VI), идентичный с по-
лученным из 2,2,5,5-тетраметилфуранидиндиона-3,4 (VII). Эта реакция —
окисление фенилгидразином гидроксильной группы, стоящей рядом с
карбонильной,— также подтверждает строение полученных нами окси-
кетонов.



(V) (I) (VI) (VII)

Следует отметить, что невозможность получения дифенилгидразонов
(озазонов) α-дикетонов ряда фуранидина отмечалась ранее Т. И. Темни-
ковой и П. А. Тихомоловым ([9]). Мы получили исходные 4-изонитрозо-
2,2,5,5-тетраалкилфуранидоны-3 (VIII—XI) действием изоамилнитрита на
смесь 2,2,5,5-тетраалкилфуранидона-3, хлористого ацетила и соляной
кислоты на холоду с выходами 49—89%.



$R = R' = CH_3$ (VIII) (X) $R = R' = CH_3$; (XII)

$R = CH_3$; $R' = C_2H_5$; (IX) (XI) $R = CH_3$; $R' = C_2H_5$ (XIII)

(XIV)

При действии на них гидроксиламина были получены диоксимы соответ-
ствующих фуранидиндионов-3,4 (XII—XIV), идентичные с описанными в
литературе ([10, 11]). Структуру 4-изонитрозо-2,2,5,5-тетраметилфурани-
дона-3 (VIII) мы подтвердили и встречным синтезом его из 2,2,5,5-те-
траметилфуранидиндиона-3,4 (VII) и эквивалентного количества гидро-
ксиламина.

Необходимо отметить, что 4-изонитрозо-2,2,5,5-тетраалкилфуран-
идоны-3 тотчас по выделении имеют более высокую температуру плавле-
ния, чем после перекристаллизации или длительного стояния. Ниже при-
ведены изменения т. пл. 4-изонитрозо-2,2,5,5-тетраметилфуранидона-3:

Время стояния, час.	0	8	24	74	146	212	260	300
Т. пл., °С	129	122	118	107	100	97	97	97

Случаи изменения температуры плавления изонитрозосоединений известны
из литературы ([12,13]). Не решая вопроса о пространственной конфигу-
рации полученных нами 4-изонитрозофуранидонов-3, мы полагаем, что
изменение их температуры плавления обусловлено переходом одной фор-
мы в другую энергетически более выгодную. Этим, несомненно, объяс-
няется и то, что температура плавления полученного нами 4-изонитрозо-
2,2,5,5-тетраметилфуранидона-3 (VIII) отличается от температуры плав-
ления единственного описанного в литературе представителя этого класса
соединений — 4-изонитрозо-2,2,5,5-тетраметилфуранидона-3 ([1]).

Полученные 4-окси-2,2,5,5-тетраалкилфуранидоны-3 и 4-изонитрозо-
2,2,5,5-тетраалкилфуранидоны-3 в литературе не описаны.

Экспериментальная часть

4- Изонитронитрозо- 2, 2, 5, 5- тетраалкилфуранидо-
ны-3 (VIII—XI). К смеси 0,14 г-мол. 2,2,5,5-тетраалкилфуранидона-3
([10, 11]), 5 мл концентрированной соляной кислоты и 4 мл хлористого

щетила прибавлялось при перемешивании 0,22 г-мол. изоамилнитрита со скоростью 0,5 мл/мин *. Последние 2—3 мл изоамилнитрита прибавлялись более медленно и при охлаждении реакционной смеси водой со льдом; перемешивание продолжалось еще 30 мин. и 1 час при охлаждении льдом с солью **. Осадок отфильтровывался и перекристаллизовывался. Константы и выходы 4-изонитрозо-2,2,5,5-тетраалкилфуранидонов-3 и их производных приведены в табл. 1.

Встречный синтез 4-изонитрозо-2,2,5,5-тетраметилфуранидона-3. 3,1 г. (0,02 г-мол.) 2,2,5,5-тетраметилфуранидиндиона-3,4 (VII) и 1,4 г (0,02 г-мол.) солянокислого гидроксиламина кипятились 2 часа в смеси 10 мл пиридина и 5 мл абс. спирта. Осадок, выделившийся при выливании смеси в 150 мл холодной воды, кипятился с бензолом, не растворившееся в бензоле вещество с т. пл. 223—224° (из спирта) являлось диоксимом 2,2,5,5-тетраметилфуранидиндиона-3,4. Из бензольного раствора при охлаждении выделились кристаллы 4-изонитрозо-2,2,5,5-тетраметилфуранидона-3 с т. пл. 96—97° (из бензола). Проба смешения с 4-изонитрозо-2,2,5,5-тетраметилфуранидоном-3, полученным нитрозированием 2,2,5,5-тетраметилфуранидона-3, депрессии не обнаружила.

Таблица 1

Вещество	Т пл., °С		Найдено, %			Вычислено, %		
	эксперим.	из литературы	C	H	N	C	H	N
4-изонитрозо-2,2,5,5-тетраметилфуранидон-3-(VIII) (выход 79%)	105—106 (из CCl_4)	167—170(1)	56,37 56,41	7,89 7,66	8,34 8,23	56,12	7,65	8,18
	96—97 (из C_6H_6)		56,15 55,92	7,79 7,66	7,99 8,04	56,12	7,65	8,18
2,4-динитрофенилгидразон VIII (из водного спирта)	236—237	—			19,88 19,77			19,94
Диоксим 2,2,5,5-тетраметилфуранидиндиона-3,4 (XII) (из спирта)	223—224	223—224(10)						
4-изонитрозо-2,5-диметил-2,5-диэтилфуранидон-3 (IX)* (выход 49%) (из петролейного эфира)	72—73	—	55,10 55,19	8,81 8,70	6,48 6,49	55,28	8,81	6,40
Диоксим 2,5-диметил-2,5-диэтилфуранидиндиона-3,4 (XIII) (из водного спирта)	192—193	193(10)						
4-изонитрозо-2,2,5,5-бистетраметиленфуранидон-3 (X)** (выход 89%) (из петролейного эфира)	97—100	—			6,04 6,19			6,28
Диоксим 2,2,5,5-бистетраметиленфуранидиндиона-3,4 (XIV) (из водного спирта)	198	198—199(11)						
4-изонитрозо-2,2,5,5-биспентаметиленфуранидон-3 (XI) (выход 66%) (из циклогексана)	137—140	—	66,59 66,62	8,55 8,49	5,78 5,93	66,90	8,42	5,57

* Соединение выделено в виде моногидрата — $C_{10}H_{17}O_3N \cdot H_2O$.

** Нитрозирование проводилось в изоамиловом спирте.

4-окси-2,2,5,5-тетраалкилфуранидоны-3 (I—IV). В колбу с обратным холодильником и мешалкой помещалось 0,05 г-мол. 4-изонитрозо-2,2,5,5-тетраалкилфуранидона-3 и 100 мл 50% уксусной кислоты. После прибавления первой порции цинковой пыли реакционная смесь по-

догревалась до начала реакции, и постепенно прибавлялась остальная часть цинковой пыли (всего 0,28 г-ат.). Кипячение и перемешивание продолжалось еще 6—7 час., после чего реакционная смесь разбавлялась 120 мл. воды, нейтрализовалась до pH 6 и экстрагировалась эфиром. После отгонки эфира от высушенной безводным сульфатом натрия эфирной вытяжки выделялся 4-окси-2,2,5,5-тетраалкилфуранидон-3. Константы и выходы 4-окси-2,2,5,5-тетраалкилфуранидонов-3 приведены в табл. 2.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
22 VI 1957

Таблица 2

Вещество	Т. кип., °С/мм рт. ст.	Т. пл., °С	Найдено, %			Вычислено, %			Числ подв атом H
			C	H	N	C	H	N	
4-окси-2,2,5,5-тетраметилфуранидон-3 (I) (выход 78%) (из петролейного эфира)	—	98,5—99	60,80 60,74	8,99 9,03	— —	60,74	8,92	—	2,1 2,2
2,4-динитрофенилгидразон I (из водного спирта)	—	187—188	49,49 49,63	5,57 5,44	16,34 16,38	49,70	5,38	16,56	—
Фенилгидразон I (из *н*-октана)	—	136—137			11,47 11,50	—	—	11,28	—
Монофенилгидразон 2,2,5,5-тетраметилфуранидиндиона-3,4 (VI) (из спирта)	—	96—97	68,35 68,11	7,56 7,47	11,39 11,45	68,28	7,37	11,35	—
4-окси-2,5-диметил-2,5-диэтилфуранидон 3-(II)* (выход 64%)	75—76/3 мм	—	64,60 64,70	10,11 10,02	—	64,48	9,74	—	2,17 2,09
2,4-динитрофенилгидразон II (из спирта)	—	145—146,5	52,83	5,95	15,70 15,66	52,60	5,79	15,34	—
4-окси-2,2,5,5-бистетраметиленфуранидон-3 (III) (выход 73%)	112—113/3 мм	47—48	68,54 68,46	8,63 8,67	—	68,54	8,63		1,98 2,09
2,4-динитрофенилгидразон III (из водного спирта)	—	177			14,33 14,31			14,35	—
4-окси-2,2,5,5-биспентаметиленфуранидон-3 (IV) (выход 73%) (из *н*-гексана)	—	75—76	70,81 70,78	9,48 9,52		70,55	9,30		
2,4-динитрофенилгидразон IV (из спирта)	—	211	57,72 57,71	6,44 6,30	12,98 13,18	57,40	6,26	13,39	—

* n_D^{20} 1,4531; d_4^{20} 1,0221; MR_D 49,28; $C_{10}H_{18}O_3$. Вычислено MR_D 49,51.

* Нитрозирование 2,2,5,5-тетраметилфуранидона-3 можно вести со скоростью 2,5 мл/мин.

** Хорошие выходы изонитрозокетонов достигаются при тщательном соблюдении скорости введения изоамилнитрита и температурного режима.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] H. Riche, R. Dulou, F. Dupont, Bull., **14**, 693 (1947). [2] С. А. Зонис, ЖОХ, **20**, 1262 (1950). [3] С. М. Мак-Эльвин, Сборн. Органические реакции, **4**, ИЛ, 1951, стр. 215. [4] L. Knorr, Lieb. Ann., **236**, 318 (1886), [5] S. Gabriel, G. Pinkus, Ber., **26**, 2200 (1893). [6] L. Cleisen O. Manasse, Lieb. Ann., **274**, 73 (1892). [7] F. Stodola, E. Kendall, B. McKenzie, J. Org. Chem., **6**, 841, (1941). [8] Л. Гаттерман, Г. Виланд, Практические работы по органической химии, М.—Л., 1948, стр. 96. [9] Т. И. Темникова, П. А. Тихомолов, ЖРХО, **62**, 1217 (1930). [10] И. К. Коробицына, Ю. К. Юрьев, О. И. Нефедова, ЖОХ, **24**, 188 (1954). [11] И. К. Коробицына, Ю. К. Юрьев, Ю. А. Чебурков, Е. М. Лукина, ЖОХ, **25**, 734 (1955). [12] G. Meisenheimer, W. Theilagker, Lieb. Ann., **493**, 33 (1932). [13] K. Auwers, V. Meyer, Ber., **22**, 537 (1889).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ХИМИЯ

Н. К. КОЧЕТКОВ, Э. Е. НИФАНТЬЕВ и В. Н. ШИБАЕВ

СИНТЕЗ АЦЕТИЛ-2-ХЛОРЦИКЛОАЛКЕНОВ

(Представлено академиком А. Н. Несмеяновым 27 VI 1957)

В последнее время в нашей лаборатории были разработаны методы синтеза β-хлоровинилкетонов жирного и ароматического рядов ([1, 2]), а также изучены их превращения, широко используемые в целях синтеза [3]. Для расширения наших сведений об этом важном классе соединений казалось интересным получить β-хлорвинилкетоны или близкие к ним соединения алициклического ряда. В патентной литературе ([4]) имеется указание, что при взаимодействии циклогексанона с хлористым ацетилом образуется ацетил-2-хлорциклогексен-1. В другой, появившейся недавно, краткой заметке Жакье ([5]) указывается, без каких-либо экспериментальных подробностей, что единственным продуктом этой реакции является ацетил-2-хлорциклогексен-2; автор утверждает далее, что последний при кипячении с диметиланилином изомеризуется в ацетил-2-хлорциклогексен-1.

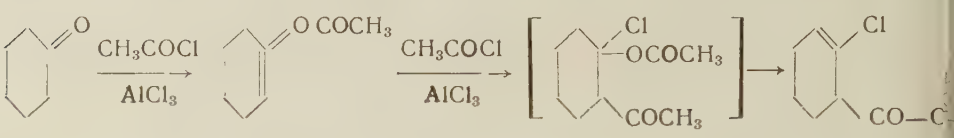
Мы подробно изучили указанную реакцию и нашли, что продуктом ее является, в действительности, смесь веществ (выход 82%), состоящая главным образом из ацетил-2-хлорциклогексена-2. Этот вывод был сделан на основании того, что продукт реакции при обработке семикарбазидом дает смесь двух семикарбазонов, из которых в качестве главного продукта легко выделяется семикарбазон с т. пл. 158°, легко растворимый в бензоле и полностью совпадающий по свойствам с семикарбазоном ацетил-2-хлорциклогексена-2, описанного Муссероном ([6]). Второй семикарбазон образуется в небольших количествах и нерастворим в бензоле; он не может быть выделен в чистом виде, плавится нечетко с разложением, что позволяет считать его семикарбазоном ацетил-2-хлорциклогексена-1, так как известно, что семикарбазоны β-хлорвинилкетонов изменяют свои температуры плавления за счет циклизации в производные пиразола ([1]).

В соответствии с указанием Жакье ([5]), мы пытались осуществить перегруппировку ацетил-2-хлорциклогексена-2 в соответствующий α, β-непредельный изомер кипячением с диметиланилином, однако убедились, что такая изомеризация не имеет места.

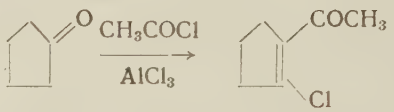
Мы смогли сделать некоторые заключения и о механизме реакции циклогексанона с хлористым ацетилом. Обратив внимание на тот факт, что хорошие выходы получаются только при молярном соотношении циклогексанона к хлористому ацетилу 1 : 2 или выше, мы предположили, что в условиях реакции вначале образуется энолацетат циклогексанона (образование которого в этих условиях весьма вероятно ([7, 8])), который затем присоединяет молекулу хлористого ацетила по типу общей для непредельных соединений реакции Кондакова — Крапивина.

Указанное предположение было подтверждено тем, что при взаимодействии эквимолекулярных количеств энолацетата и хлористого ацетила в аналогичных условиях был получен с высоким выходом также ацетил-2-хлорциклогексен-2. Предположение о том, что последний образуется просто за счет перегруппировки энолацетата с последующей энолизацией

и заменой гидроксила на хлор под действием хлористого алюминия, дол но быть отвергнуто, так как при обработке энолацетата циклогексано хлористым алюминием в применяемых нами условиях ацетил-2-хлорци логексен-2 выделен не был. Таким образом, реакцию циклогексанона хлористым ацетилом можно изобразить следующим образом:



Нам удалось распространить изученную реакцию и на ряд циклопентан Продуктом реакции циклопентанона с хлористым ацетилом в аналогичн условиях является ацетил-2-хлорциклопентен-1 — первый представите циклических β-хлорвинилкетонов. На это указывают: высокая лабильнос полученного вещества, экзальтация молекулярной рефракции и образов ние соли с триэтиламином и пирилиевой соли — признаки, характерн для β-хлорвинилкетонов ([1], [9]) *.



Таким образом, реакция хлористого ацетила с циклогексаноном да β, γ-непредельный хлоркетон, а с циклопентаном α, β-непредельный из мер; эта разница, вероятно, имеет прямую связь с особенностями конфо мации циклогексанового и циклопентанового колец.

Для окончательного заключения были сравнены ультрафиолетов спектры поглощения 2,4-динитрофенилгидразонов полученных ацетил хлорциклогексена-2 и ацетил-2-хлорциклопентена-1 **. Как известно ([1] у.-ф. спектры (в области 300—400 *мμ*) 2,4-динитрофенилгидразон α, β-непредельных кетонов в растворе изооктана характеризуются сдви максимума примерно на 17 мμ по сравнению с максимумом в спект производного β, γ-непредельного кетона. 2,4-Динитрофенилгидразон ац тил-2-хлорциклогексена-2 имеет λ_{max} 344 мμ), а 2,4-динитрофенилгидр зон ацетил-2-хлорциклопентена-1 362 мμ. Аналогичные сдвиги в спект наблюдаются и для спиртовых растворов (365 и 394 мμ), соответственн

Указанная реакция исследуется нами в настоящее время приме тельно к другим кетонам.

Экспериментальная часть

1. Взаимодействие циклогексанона с хлористы ацетилом. В трехгорлую колбу, снабженную обратным холодиль ком и капельной воронкой, помещают 151 г (1,16 моля) $AlCl_3$ и 75 с сухого дихлорэтана. При энергичном перемешивании и охлаждении в дой добавляют смесь 36,5 г (0,39 моля) циклогексанона и 86 г (1,16 м ля) хлористого ацетила, перемешивают еще 18 час. и выливают в сме льда с концентрированной соляной кислотой. Маслянистый слой отделя водный — извлекают дихлорэтаном. Соединенные вытяжки промыва водой и сушат над $CaCl_2$. Растворитель отгоняют, остаток перегоня

---

* Муссероном (6) получено вещество, которому он придает структуру ацетил хлорциклопентена-1, однако в статье не приводится данных анализа для этого вещест анализ семикарбазона на азот имеет расхождение на 5%, молекулярная рефракц расходится на несколько единиц; в связи с этим нужно думать, что автор не имел руках чистого соединения указанной структуры.

** У.-ф. спектры были сняты в лаборатории, руководимой Л. А. Казициной, за ч авторы приносят ей глубокую благодарность.

вакууме, собирают фракцию 105—120°/20 мм. После повторной перегонки получают 49,5 г (82%, считая на циклогексанон) вещества с т. кип. 124—129°/30 мм. После третьей перегонки была выделена фракция с т. кип. 108—109°/15 мм; n_D^{20} 1,4985; d_4^{20} 1,1232; MR_D 41,38, $C_8H_{11}ClF \cdot MR_D$ выч. 41,35.

Найдено %: C 60,33; 60,33; H 7,09; 7,09; Cl 22,29; 22,46
$C_8H_{11}ClO$. Вычислено %: C 60,56; H 7,00 Cl 22,35

Семикарбазон получен из фракции 124—129°/30 мм, т. пл. 136—138°. Из 22 г семикарбазона большая часть (20 г) растворялась в бензоле и после перекристаллизации из него имела т. пл. 158°.

Найдено %: N 19,73; 19,87
$C_9H_{14}ON_3Cl$. Вычислено %: N 19,48

Литературные данные ([6]): т. пл. 158—159°.

Остаток, не растворимый в бензоле (2 г), плавится нечетко, с разложением.

2,4-Динитрофенилгидразон получен по ([10]), т. пл. 128—129° (из спирта). Литературные данные ([5]): т. пл. 128—129°.

2. Аналогично из 196 г (2 моля) циклогексанона, 314 г (4 моля) хлористого ацетила, 534 г (4 моля) хлористого алюминия в 475 см³ дихлорэтана получено 201 г (64%) 2-хлор-1-ацетилциклогексена-2 (с примесью 2-хлор-1-ацетилциклогексана-1), т. кип. 110—120°/20 мм, n_D^{20} 1,4961.

3. Аналогично из 49 г (0,5 моля) циклогексанона, 39 г (0,5 моля) хлористого ацетила, 67 г (0,5 моля) хлористого алюминия получено при разгонке: 22,2 г циклогексанона т. кип. 58—59°/24 мм, n_D^{20} 1,4515; 8,4 г фракции т. кип. 150—151° 21 мм, n_D^{20} 1,5079, d_4^{20} 1,0072: ее константы близки к константам циклогексилинденциклогексанона ([11]): т. кип. 148—150°/20 мм, n_D^{20} 1,5062, d_4^{20} 1,004.

4. Попытка изомеризации ацетилхлорциклогексена-2 в ацетил 2-хлорциклогексен-1-. 30 г вещества из опыта № 1, состоящего в основном из ацетилхлорциклогексена-2, и 50 г диметиланилина кипятят 24 часа с обратным холодильником. Реакционную смесь промывают разбавленной соляной кислотой и водой. Сушат над $CaCl_2$. После разгонки получают 16,5 г продукта с т. кип. 93—100°/10 мм, n_D^{20} 1,4990; семикарбазон, т. пл. 157,5—158°.

5. Взаимодействие энолацетата циклогексанона с хлористым ацетилом. 30 г (0,215 мол.) энол-ацетата циклогексанона в смеси с 30,5 см³ (33,5 г, 0,43 мол.) хлористого ацетила добавляют к суспензии 57 г (0,43 мол.) хлористого алюминия в 100 см³ дихлорэтана. После 5-часового перемешивания смесь обрабатывается, как в опыте № 1. Получено 14,6 г ацетил-2-хлорциклогексена-1. Т. кип. 115—125°/25 мм, n_D^{20} 1,5000; семикарбазон, т. пл. 158,5—159°, не дает депрессии с семикарбазоном из опыта № 1.

6. Взаимодействие циклопентанона с хлористым ацетилом.

а) В растворе дихлорэтана. К 134 г (0,5 моля) $AlCl_3$ в 250 см³ дихлорэтана добавляют при охлаждении льдом (78,5 г) (1 моль) хлористого ацетила, а затем 42 г (0,5 моля) циклопентанона. После 5-часового перемешивания смесь обрабатывают обычным образом.

При разгонке получено: 21,7 г циклопентанона, т. кип. 38—40°/25 мм; 10,6 г (15%, считая на взятый циклопентанон, 31%, считая на вступивший в реакцию) ацетил-2-хлорциклопентена-1. Т. кип. 91—92°/22 мм, n_D^{20} 1,5045, d_4^{20} 1,1429, MR_D 37,45, $C_7H_9ClOF \cdot MR_D$ вычислено 35,74.

Найдено %: C 58,18; 58,35; H 6,50; 6,35
C_7H_9ClO. Вычислено %: C 58,20; H 6,28

Семикарбазон разлагается, не плавясь. 2,4-динитрофенилгидразон, т. п. 174—175° (из лед. CH_3COOH).

б) В растворе сероуглерода. Из 21 г циклопентанона, 35,5 см³ хлористого ацетила, 67 г $AlCl_3$ в 100 см³ сероуглерода получено аналогично 7,9 г (22% теоретического) ацетил-2-хлорциклопентена-1, т. кип. 100—101°/30 мм, n_D^{20} 1,5061.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
22 VI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. Н. Несмеянов, Н. К. Кочетков, М. И. Рыбинская, Изв. АН СССР, ОХН, **1950**, 350. [2] Н. К. Кочетков, А. Я. Хорлин, М. Я. Карпейский, ЖОХ, **26**, 595 (1956). [3] Н. К. Кочетков, Усп. хим., **24**, 32 (1955). [4] H. Bruson, H. Raterunk, Ам. пат. 2468681; Chem. Abstr., **43**, 6230 (1949). [5] R. Jacquier, J. Brun, Bull. Soc. Chem. France (5), **23**, 559 (1956). [6] M. Mousseron, R. Jacquier, Bull. Soc. Chem. France (5), **17**, 655 (1950). [7] C. Allen, J. Normington, C. Wilson, Canad. J. Res., **11**, 38 (1934). [8] И. В. Мачинская, ЖОХ, **22**, 1159 (1952). [9] В. Т. Климко, А. Я. Хорлин и др., ЖОХ, **27**, 62 (1957). [10] И. Н. Назаров, Л. А. Казицина, И. М. Зарецкая, ЖОХ, **27**, 6 (1957). [11] O. Wallach, Lieb. Ann., **381**, 96 (1911).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

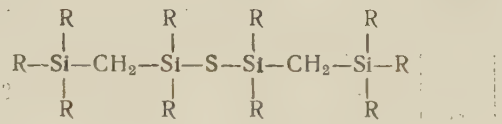
ХИМИЯ

Н. С. НАМЕТКИН, академик А. В. ТОПЧИЕВ и Л. С. ПОВАРОВ

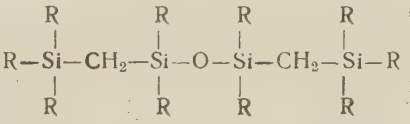
ПОЛУЧЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ С СИЛТИАНОУГЛЕРОДНЫМИ ЗВЕНЬЯМИ

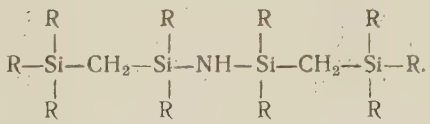
В последние годы появился ряд работ по синтезу кремнийорганических соединений, содержащих серу, связанную с атомом кремния. Подобные соединения предлагается получать при взаимодействии галоидопроизводных кремния с сульфидами металлов ([1, 2]), а также действием сероводорода на первичные аминосиланы ([3, 4]) или на триалкилхлорсиланы ([5]).

Нам представлялось интересным синтезировать соединения с силтианоуглеродными звеньями



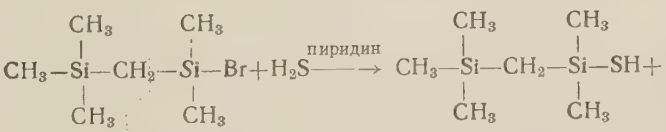
изучить их свойства в сравнении с описанными нами ранее соединениями аналогичного строения, содержащими силоксаноуглеродные ([6–8]) и силазиноуглеродные звенья ([9]):





Для синтеза соединений с силтианоуглеродными звеньями в качестве исходных продуктов использовались описанные нами ранее пенталкилбромпроизводные дисиланметана ([6]), полученные при взаимодействии пенталкилпроизводных дисиланметана с бромом.

Нами показано, что при обработке пентаметилбромдисиланметана сероводородом в присутствии пиридина образуется смесь пентаметилтиолдисиланметана и бис-(пентаметилдисиланметан)-сульфида по схеме



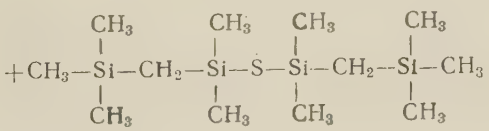
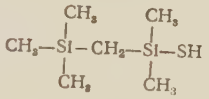
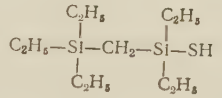
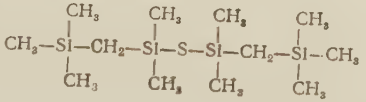
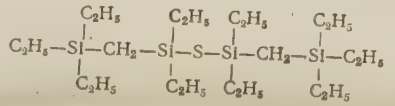
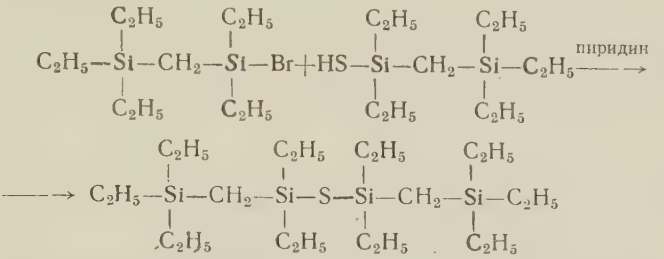


Таблица 1

Пенталкилтиолпроизводные дисиланметана и бис-(пенталкилдисиланметан)-сульфиды

	Формула	Т. кип.		Т. заст., °С	d^{20}	n_D^{20}	MR_D	
		°С	мм рт. ст.				найден.	выч.
Пентаметилтиолдисиланметан		58—60	14	—	0,8632	1,4604	56,53	56,75
Пентаэтилтиолдисиланметан		113—114	3,5	—	0,8989	1,4852	79,02	80,3
Бис (пентаметилдисиланметан) сульфид		117—118	3,5	—98	0,8774	1,4777	103,84	104,96
Бис (пентаэтилдисиланметан) сульфид		202—204	3	—85	0,9108	1,4980	149,00	150,06

Пентаэтилбромдисиланметан при обработке сероводородом образует лишь пентаэтилтиолдисиланметан. Бис (пентаэтилдисиланметан) сульфид был получен нами при взаимодействии пентаэтилбромдисиланметана с пентаэтилтиолдисиланметаном в присутствии пиридина:



В табл. 1 приведены свойства полученных нами серусодержащих кремнийорганических соединений.

Экспериментальная часть

I. Раствор 13,6 г (0,17 моля) пиридина в 100 мл эфира насыщался в течение 30 мин. сероводородом, высушенным хлористым кальцием. Затем прибавлялся раствор 40 г (0,17 моля) пентаметилбромдисиланметана в 50 мл эфира. Смесь нагревалась в течение 5 час. до кипения при пропускании слабого тока сероводорода. По охлаждении отфильтровывался осадок бромистоводородной соли пиридина и после отгонки эфира жидкие продукты реакции разгонялись в вакууме на следующие основные фракции:

1. Фракция 58—60° при 14 мм, отвечающая пентаметилтиолдисиланметану, получено 11 г (выход 36,4%).

	Найдено %:	C 41,02;	41,02;	H 9,71;	9,81;	S 17,34;	17,80
$C_6H_{18}SSi_2$.	Вычислено %:	C 40,39;		H 10,17		S 17,98	

2. Фракция 117—118° при 3,5 мм, отвечающая бис (пентаметилдисиланметан) сульфиду, получено 11,5 г (выход 41,9%).

	Найдено %:	C 44,82;	44,84;	H 10,60;	10,59;	S 10,39;	9,84
$C_{12}H_{34}SSi_4$.	Вычислено %:	C 44,76;		H 10,64;		S 9,93	

Молекулярный вес (криоскопическим методом; растворитель бензол) найдено М 315; 324; вычислено М 322,7.

II. 1. Через раствор 20 г (0,25 моля) пиридина в 150 мл толуола пропускался сероводород в течение 30 мин., после чего прибавлялось 72 г (0,25 моля) пентаэтилбромдисиланметана. Реакционная смесь нагревалась в течение 12 час. до кипения при пропускании слабого тока сероводорода. По охлаждении отфильтровывался осадок бромистоводородной соли пиридина и фильтрат разгонялся. После отгонки толуола было получено 48 г (выход 80,3%) вещества, соответствующего пентаэтилтиолдисиланметану; т. кип. 113—114° при 3,5 мм.

	Найдено %:	C 53,52;	53,72;	H 10,69;	10,77	S 12,52;	12,39
$C_{11}H_{28}SSi_2$.	Вычислено %:	C 54,26;		H 9,52;		S 13,27	

2. К смеси 17,5 г (0,07 моля) пентаэтилтиолдисиланметана и 5,6 г (0,07 моля) пиридина в 50 мл толуола прибавлялось 30 г (0,07 моля) пентаэтилбромдисиланметана в 25 мл толуола. Реакционная смесь нагревалась 16 час. до кипения. По охлаждении отфильтровывалась бромистоводородная соль пиридина и отгонялся толуол. При разгонке жидких про-

дуктов реакции было получено 10,5 г (выход 32,4%) вещества с т. кип 202—204° при 3 мм соответствующего бис (пентаэтилдисиланметан сульфиду.

	Найдено %:	C 57,61; 57,39;	H 11,87; 11,70;	S 6,44,6,55
$C_{22}H_{44}SSi_4$.	Вычислено %:	C 57,08;	H 11,76;	S 6,92

Молекулярный вес (криоскопическим методом; растворитель бензол) найдено M 457; 469; вычислено M 463.

Поступило
30 XI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] C. Eaborn, Nature, **165**, 685 (1950). [2] C. Eaborn, J. Am Chem. Soc., **72** 3077 (1950). [3] E. Larsson, R. Marine, Acta Chem. Scand., **5**, 964 (1951) [4] E. Larsson, R. Marine, Swed. Pat., 138357 (1952); Chem. Abstr. **48**, 2761 (1954) [5] G. Chemp-etier, Y. Etienne, R. Kullman, C. R., **234**, 1985 (1952); [6] А. В. Топчиев, Н. С. Наметкин, Л. С. Поваров, ДАН, **97**, № 1, 99 (1954). [7] Н. С. Наметкин, А. В. Топчиев, Л. С. Поваров, ДАН, **99**, № 3, 403 (1954). [8] Н. С. Наметкин, А. В. Топчиев, Л. С. Поваров, ДАН, **103** № 3, 435 (1954). [9] Н. С. Наметкин, А. В. Топчиев, Л. С. Поваров Г. В. Гарнишевская, ДАН, **109**, № 4, 787 (1956).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ХИМИЯ

Академик А. Н. НЕСМЕЯНОВ и О. В. НОГИНА

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДИАЛКОКСИТИТАНОКСИДОВ С ТЕТРААЛКОКСИСИЛАНАМИ

В 1954 г. нами были описаны ([1]) первые представители диалкокситианоксидов $(RO)_2TiO$, полученные окислением триалкокситианов кислородом воздуха. Вопрос о том, являются ли эти соединения мономерными и имеют строение $(RO)_2Ti=O$ или они полимерны $[(RO)_2TiO]_{2n}$, оставался открытым.

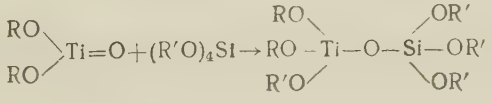
Ассоциация органических производных ортотитановой кислоты (содержащих радикалы нормального строения) в растворах является характерным свойством этого класса соединений ([2–5]), поэтому при определении молекулярных весов этих веществ криоскопическим или эбулиоскопическим методами почти всегда получают значения, резко завышенные по сравнению с вычисленными для мономерной формы. Изопиестический метод ([6]) определения молекулярных весов допускает работу с растворами концентрации 0,1%; в таких растворах ассоциация органических соединений, содержащих титан, наблюдается в гораздо меньшей степени. Применив изопиестический метод, мы установили, что диалкокситианоксиды, по крайней мере, в столь разбавленных растворах, мономерны (см. табл. 1). Мономерность последних ведет, как к необходимому следствию, к наличию в этих соединениях двойной связи между атомами титана и кислорода. Факт этот весьма интересен, поскольку до настоящего времени известно лишь малое число структур, в которых переходный элемент имел бы π-связь. Среди кремнийорганических соединений также не удалось пока выделить веществ, содержащих двойную связь кремния с кислородом. К. А. Андрианов и Н. Н. Соколов ([7]) наблюдали образование диалкилсиланонов R_2SiO лишь в масс-спектрометре, изучая продукты распада диалкилполисилоксанов $(R_2SiO)_n$.

Таблица 1

Результаты определения молекулярных весов диалкокситианоксидов

Исследуемое вещество	Растворитель	Концентрация раствора в %	Мол. вес	
			выч.	найд.
Изопиестический метод (эталон — азобензол)				
$(n\text{-}C_3H_7O)_2TiO$	Бензол	0,1001	182	210
$(n\text{-}C_4H_9O)_2TiO$	„	0,1070	209,9	243
Криоскопический метод				
$(n\text{-}C_3H_7O)_2TiO$	Диоксан	0,7	182	259
$(n\text{-}C_4H_9O)_2TiO$	Бензол	0,67	209,9	206,4 218,7

Наличие двойной связи в диалкокситианоксидах позволило рассчитывать, что присоединение осуществится по этой связи. Действительно, оказалось возможным провести реакцию присоединения тетраалкоксисиланов с образованием молекул, содержащих титан и кремний по реакции



Вещество с цепью O — Ti — O — Si — O, но более сложной структуры, а именно тетракси (триметалсилокси)титан, было описано в литературе ([8], [10]). Оно получено действием триметилсиланола на четыреххлористый титан в присутствии аммиака. Описаны и полимеры ([9], [10]), цепи молекул которых состоят из атомов кремния, титана и кислорода.

Имеется также ряд патентов, в которых описаны такого рода полимеры ([11]).

Реакции присоединения тетраалкоксисиланов к диалкоксититаноксидам протекают легко при кратковременном нагревании смеси веществ. Мы провели присоединение тетра-*н*-пропоксисилана к ди-*н*-пропоксититаноксиду.

К раствору 5,5 г (0,030 моля) ди-*н*-пропоксититаноксида в *н*-гексане прибавлено 80 г (0,030 моля) тетра-*н*-пропоксисилана. Все операции, как всегда при работе с органическими соединениями, содержащими титан, выполнялись при полном исключении влаги. Реакционная смесь кипятилась 4 часа; после отгонки растворителя и непрореагировавшего исходного тетрапропоксисилана продукт был перегнан. Т. кип. 66—69° при 10^{-5} мм и 125—126° при 1 мм; n_D^{20} 1,4647; выход 29% от теории.

	Найдено %:	C 48,66; 48,66; 48,62;		H 9,63;	9,82;	9,47;	золы 30,62; 30,67
$C_{18}H_{42}O_7TiSi$.	Вычислено %:	C 48,42;		H 9,48;			золы 31,35

Найдено М 667 (изопиестическим методом в n-C_3H_7OH) вычислено М 446,6.

Затем было проведено взаимодействие:

$$2\,(n\text{-}C_3H_7O)_2TiO + (n\text{-}C_3H_7O)_4Si \rightarrow (n\text{-}C_3H_7O)_3Ti-O-\underset{\displaystyle O-(C_3H_7\text{-}n)}{\overset{\displaystyle O-(C_3H_7\text{-}n)}{\overset{|}{Si}}}-O-Ti\,(OC_3H_7\text{-}n)_3$$

Опыт проведен подобно предыдущему. В реакцию взято 6,9 г (0,038 моля) ди-*н*-пропоксититаноксида и 5 г (0,019 моля) тетра-*н*-пропоксисилана. Полученный продукт кипел при 78—81° при 10^{-5} мм; n_D^{20} 1,4910; выход 36% от теории.

	Найдено %:	C 45,92;	45,73;	H 9,13;	9,07;	золы 34,90; 35,01
$C_{24}H_{56}O_{10}Ti_2Si$.	Вычислено %:	C	45,85;	H 8,98;		золы 34,98

Найдено М 1060 (изопиестическим методом в n-C_3H_7OH), вычислено М 740.

Далее было проведено присоединение тетраизобутоксисилана к диизобутоксититаноксиду:

$$(u\text{-}C_4H_9O)_2TiO + (u\text{-}C_4H_9O)_4Si \rightarrow (u\text{-}C_4H_9O)_3Ti-O-Si-(OC_4H_9\text{-}u)_3$$

Диизобутоксититаноксид был получен нами гидролизом изобутилортотитаната ([5]). Опыт проведен подобно предыдущим. В реакцию введено 8,2 г (0,039 моля) диизобутоксититаноксида и 12,56 г (0,039 моля) тетраизопропоксисилана.

После отгонки растворителя и непрореагировавшего тетраизобутоксисилана в этом случае в реакционной смеси выпал осадок. Он был отфильтрован. Остаток разогнан в вакууме. При этом выделен продукт, кипящий при 75—78° при 10^{-5} мм: n_D^{20} 1,4610.

	Найдено %:	C 54,47; 54,53; 54,58;		H 10,46;	10,71; 10,42;	золы 25,89; 25,7
$C_{24}H_{36}O_7TiSi$.	Вычислено %:	C 54,2;		H 10,2;		золы 26,4

Следует отметить, что полученное вещество при попытке перегнать его при 1 мм остаточного давления разложилось. При этом нами был вы-

делен изобутилортотитанат. Т. кип. 123—124° при 1 мм (литературные данные ([5]): т. кип. 123° при 0,7 мм).

Найдено %: C 56,12; 56,01; H 11,17; 11,04

В другом образце

Найдено %: C 56,9; 57,02; H 10,73; 10,85
$C_{16}H_{36}O_4Ti$. Вычислено %: C 56,45; H 10,66

Структуру второго продукта этой реакции (выпадающего из реакционной смеси в осадок) мы пока не уточнили. Вещество легко перекристаллизовывается из *н*-гексана, плавится при 193—195°.

Найдено %: C 40,75; 41,04; H 7,99; 8,03

Мы провели также реакции присоединения алкилортотитанатов к диалкоксититаноксидам:

$$2\,(C_2H_5O)_2TiO+(C_2H_5O)_4Ti\rightarrow(C_2H_5O)_3Ti-O-\underset{\displaystyle OC_2H_5}{\overset{\displaystyle OC_2H_5}{Ti}}-O-Ti\,(OC_2H_5)_3$$

$$(n\text{-}C_3H_7O)_2TiO+(n\text{-}C_3H_7O)_4Ti\rightarrow(n\text{-}C_3H_7O)_3Ti-O-Ti\,(OC_3H_7)_3$$

В обоих случаях после перекристаллизации получены продукты, по анализу отвечающие соответственно октаэтокситрититаноксану и гекса-*н*-пропоксидититаноксану. Исследование их продолжается.

Поступило
20 XI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. Н. Несмеянов, О. В. Ногина, Р. Х. Фрейдлина, ДАН, **95**, № 4, 813 (1954). [2] C. N. Caughlan, H. S. Smith et al., J. Am. Chem. Soc., **73**, 5652 (1951). [3] N. M. Cullinane, S. I. Chard et al., J. Appl. Chem., **1**, 400 (1951). [4] D. C. Bradley, R. Gaze, W. Wardlaw, J. Chem. Soc., **1955**, 3977. [5] D. C. Bradley, R. Caze, W. Wardlaw, J. Chem. Soc., **1957**, 469. [6] И. И. Твердохлебова, С. А. Павлова, ЖФХ (в печати). [7] К. А. Андрианов, Н. Н. Соколов, ДАН, **82**, 909 (1952). [8] W. D. English, L. H. Sommer, J. Am. Chem. Soc., **77**, 170 (1955). [9] К. А. Андрианов, Т. Н. Ганина, Е. Н. Хрусталева, Изв. АН СССР, ОХН, **1956**, 798. [10] К. А. Андрианов, А. А. Жданов и др., ДАН, **112**, № 6, 1050 (1957). [11] Ам. пат. 2512058; Chem. Abstr., **44**, 8698 (1950); Австрал. пат. 160036; РЖХим., № 20, 417 (1955); Англ. пат. 728751; Chem. Abstr., **49** 12878 (1955); Ам. пат. 2716656; Chem. Abstr., **50**, 1372 (1956).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

В. П. БАТРАКОВ

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ В СИЛЬНЫХ ОКИСЛИТЕЛЯХ

(Представлено академиком С. И. Вольфковичем 11 V 1957)

В настоящее время установлено, что большая скорость коррозии многих металлов и сплавов в сильных окислителях связана с перепассивацией, т. е. с разрушением защитных пленок или ослаблением их защитных свойств за счет высокого окислительно-восстановительного потенциала вследствие образования ионов или растворимых соединений металлов более высокой валентности ([1–6]).

Принципиальная поляризационная диаграмма металлов в условиях перепассивации показана на рис. 1. При высоком потенциале металла

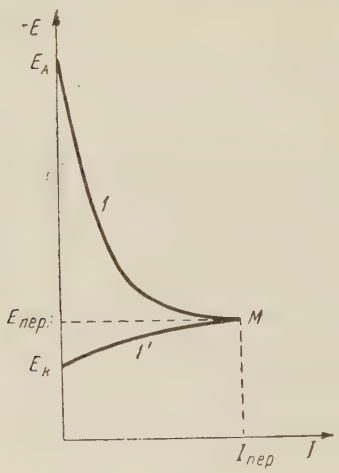


Рис. 1

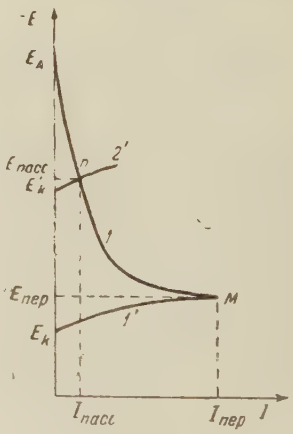


Рис. 2

Рис. 1. Поляризационная диаграмма, поясняющая механизм коррозии металлов при перепассивации

Рис. 2. Поляризационная диаграмма, поясняющая механизм защиты металлов при перепассивации путем уменьшения окислительно-восстановительного потенциала среды

резко снижается его анодная поляризуемость и кривая анодной поляризации *1* приобретает более пологий вид, вследствие чего возрастает скорость саморастворения металла ($I_{пер}$) ([4]). Методы защиты металлов в этих условиях сводятся или к снижению потенциала до значения потенциала, при котором возникает устойчивая пассивность (потенциал должен находиться между первым и вторым критическим потенциалом) ([5, 6]), или к упрочнению поверхностной пленки, затрудняющему анодные процессы при высоком потенциале, т. е. к повышению ее защитных свойств ([4]). В соответствии с изложенным к числу основных методов защиты металлов при перепассивации следует отнести следующие.

1. Снижение окислительно-восстановительного потенциала среды. При уменьшении окислительно-восстановительного потенциала среды с E_k до E'_k кривая катодной поляризации *2'* в противоположность кривой *1'* пересечет кривую анодной поляризации *1* на участке, характеризующем пассивацию металла. Величина стационарного потенциала и сила локального тока при этом уменьшится с $E_{пер}$ до $E_{пасс}$ и с $I_{пер}$ до $I_{пасс}$ (рис. 2). Металл из состояния перепассивации перейдет в состояние устойчивой пассивности. Снижение окислительно-восстановительного потенциала среды может быть достигнуто путем уменьшения концентрации окислителя или добавления восстановителя [2, 5, 7].

Этот метод защиты не всегда может быть использован, так как влечет за собой уменьшение окислительных свойств среды и изменение ее состава.

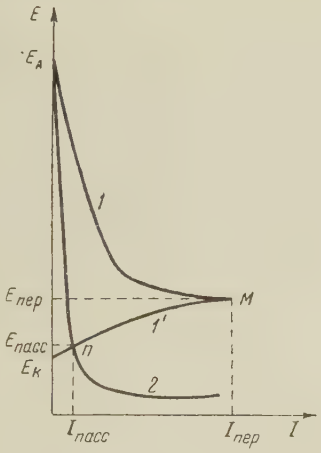


Рис. 3

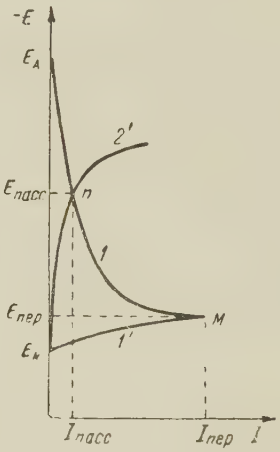


Рис. 4

Рис. 3. Поляризационная диаграмма, поясняющая механизм защиты металлов при перепассивации путем увеличения перенапряжения анодного процесса

Рис. 4. Поляризационная диаграмма, поясняющая механизм защиты металлов при перепассивации путем увеличения перенапряжения катодного процесса (катодная пассивность)

2. Увеличение перенапряжения анодного процесса. Повышение перенапряжения анодной реакции может быть достигнуто путем упрочнения поверхностной пленки, вследствие чего кривая анодной поляризации будет характеризоваться более крутым ходом. Эффект перепассивации в этом случае проявляется уже при значительно более высоком потенциале (рис. 3,2) вследствие увеличения перенапряжения образования ионов или соединений металлов более высокой валентности. Окислительные свойства раствора при этом сохраняются без изменений. Кривая катодной поляризации *1'* будет пересекаться с кривой анодной поляризации *2* в отличие от *1* анодной кривой на участке, характеризующем пассивное состояние металла. Вследствие этого сила коррозионного тока уменьшается с $I_{пер}$ до $II_{пасс}$ (рис. 3) [4]. Стационарный потенциал металла при этом несколько возрастает и достигает значения $E_{пас}$. Повышение защитных свойств пленки может быть достигнуто одним из следующих путей: а) соответствующим легированием сплавов элементами, повышающими перенапряжение анодной реакции; б) введением в раствор поверхностно-активных веществ — анодных замедлителей коррозии; в) снятием внутреннего напряжения в металле и пленке путем соответствующей термообработки.

Во всех случаях резко возрастает анодная поляризация и металл остается в устойчивом пассивном состоянии при высоком потенциале. Поверхностно-активные вещества или адсорбируются или образуют труднорастворимые поверхностные соединения, упрочняющие защитную пленку на металле.

3. Увеличение перенапряжения катодного процесса. Этот метод защиты имеет принципиальное отличие от рассмотренных выше методов. Снижение потенциала металла в этом случае достигается не путем уменьшения окислительных свойств раствора (рис. 2), а путем повышения перенапряжения катодной реакции. Стационарный потенциал металла при этом снижается до значения, при котором достигается устойчивое пассивное состояние (катодная пассивность) ([5], [6]). Коррозионный ток уменьшается с $I_{пер}$ до $I_{пас}$ (рис. 4). Сильная катодная поляризация может быть достигнута:

а) соответствующим легированием сплавов элементами, повышающими перенапряжение катодной реакции;

б) введением в раствор поверхностно-активных веществ (катодных замедлителей коррозии);

в) протекторной и катодной защитой в случае образования защитной пленки при катодной поляризации (катодная пассивность).

Наряду с рассмотренными методами защиты могут быть весьма эффективны комбинированные методы. Протекторная и катодная защита в условиях перепассивации может рассматриваться также и в обычном представлении электрохимической защиты, т. е. без учета образования защитных пленок на металле.

Поступило
7 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. П. Батраков, Коррозия конструкционных материалов в агрессивных средах, 1952. [2] В. П. Батраков, Г. В. Акимов, ДАН, **89**, 321 (1953). [3] В. П. Батраков, Г. В. Акимов, Тр. Комиссии по борьбе с коррозией металлов, в. 2 (1956). [4] В. П. Батраков, ДАН, **99**, № 1, 97 (1954). [5] В. П. Батраков, ДАН, **107**, № 2, 269 (1956). [6] В. П. Батраков, ДАН, **111**, № 4, 845 (1956). [7] Н. Д. Томашов, Г. П. Чернова, ДАН, **98**, № 3 (1954).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. М. ЖАБРОВА, М. Д. СИНИЦЫНА и член-корреспондент АН СССР
С. З. РОГИНСКИЙ

ПРИМЕНЕНИЕ ЭМАНАЦИОННОГО МЕТОДА К ИССЛЕДОВАНИЮ КАТАЛИЗАТОРОВ

ТОПОХИМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ КАРБОНАТОВ И ГИДРООКИСЕЙ МАГНИЯ И ЦИНКА

Каталитическая активность твердых тел теснейшим образом связана с дефектами структуры их кристаллических решеток. Число и характер этих дефектов, возникающих во время генезиса катализаторов, определяется глубоким механизмом и микрохимией топохимических стадий приготовления. Эти процессы, тесно связанные с перемещениями отдельных атомов и групп в решетке твердого тела и на его поверхности, часто ускользают от обычных физических и химических методов исследования. Представлялось перспективным применить для их изучения метод эманирования, предложенный еще Коловрат-Червинским [1]. В работах Хана, Старика, Цименса и многих других была показана возможность обнаруживать с помощью этого метода скрытые фазовые и химические превращения твердых тел, а также изменения подвижности атомов их решетки, удельной поверхности и пористости [2–5].

Отдельные системы, изучавшиеся с помощью эманационного метода, представляют интерес для катализа, однако, по-видимому, до сих пор этот метод в каталитических исследованиях не применялся. Мы решили восполнить этот пробел, использовав измерения эманирующей способности для изучения топохимических стадий приготовления окисных катализаторов и превращений, претерпеваемых последними во время работы.

Из трех изотопов радия (Ra, ThX, AcX), генерирующих используемые в эманационном методе изотопы 86-го элемента, нами применялся Ra 226, в виде азотнокислого раствора с концентрацией $3 \cdot 10^{-9}$ г/мл. Исходный раствор содержал в качестве носителя барий. Концентрация азотнокислого бария в растворе была равна 0,1 г/мл.

Для последующих измерений эманации (Rn) оказалось удобным вводить $6—7 \cdot 10^{-9}$ г Ra на 1 г осажденных гидроокисей или карбонатов.

Методика измерений выделяющейся эманации и подготовительных операций была заимствована из работ И. Е. Старика с сотрудниками [5]. Количество эманации измерялось с помощью электрометра СГ-1 М.

Как показали специальные опыты, изучаемые нами топохимические процессы можно прерывать в любой момент времени с последующим возвращением к той же точке на кинетической кривой. Поэтому измерение коэффициента эманирования образцов карбонатов и гидроокисей на различных стадиях превращения проводилось после остановки процесса охлаждением. Накопление радона и измерение на электрометре производилось при комнатной температуре.

Гидроокиси магния и цинка получались осаждением из концентрированных растворов азотнокислых солей концентрированным раствором едкого натра при температуре 40°. Осаждение проводилось при непрерывном перемешивании. После осаждения осадки гидроокисей магния и цинка тщательно отмывались от примесей электролитов многократной декантацией. Карбонат магния получался осаждением при комнатной темпера-

туре концентрированного раствора азотнокислого магния концентрированным раствором карбоната натрия, насыщенным углекислотой. Полученный основной карбонат карбонизировался при пропускании тока осушенного углекислого газа при температуре 150° до постоянного веса. Содержание углекислоты в полученном таким путем препарате соответствовало нормальному карбонату.

Карбонат цинка приготовлялся осаждением при перемешивании из концентрированного раствора азотнокислого цинка, охлажденного до 5° концентрированным раствором бикарбоната натрия, предварительно насыщенным углекислотой. Во всех случаях в растворы азотнокислых солей магния и цинка перед осаждением добавлялся вышеупомянутый раствор азотнокислого радия с сопутствующим азотнокислым барием.

Как выяснилось, гидроокиси магния и цинка захватывают около 50% вводимого радия, но более 90% захваченного количества удаляется при промывке осадков, уменьшая захват радия до 2—5 вес. % от исходного. В этом отношении карбонаты выгодно отличаются от гидроокисей, так как, захватывая те же 50—60% от введенного радия, они полностью удерживают это количество при промывании. В результате захват радия карбонатами примерно в 10—20 раз больше, чем гидроокисями при одинаковом количестве введенного радия. При таких коэффициентах захвата, с учетом различий в атомных весах бария и магния, содержание $Ba(OH)_2$ в гидроокиси магния составляло ниже 0,4 ат. %, содержание $BaCO_3$ в карбонате магния 4—8 ат. %. Процесс разложения карбонатов и гидроокисей проводился в вакуумной установке при давлении $5 \cdot 10^{-2}$ мм. Перед разложением образцы тренировались для удаления гигроскопической влаги. Глубина превращения определялась по взвешиванию образцов. Для ряда образцов определялась величина удельной поверхности посредством измерения адсорбции паров *н*-гептана по Б. Э. Т. При изучении зависимости коэффициента эманирования от температуры прокаливания гидроокиси магния было установлено, как и в работе Фрике и Фейхтнера ([6]), что максимум изменения коэффициента эманирования приходится на температуру 400°.

Таблица 1

Значения коэффициента эманирования при переходе от гидроокисей и карбонатов к окислам

Соединение	$K_{эман}$, %	Темп. прокаливания, °С	Продолж. прокаливания, час.
Гидроокись магния→ окись магния	2—3 10—12	550	2
Основной карбонат магния→ нормальный карбонат магния	8 -9 1—2	150	4
Нормальный карбонат магния→ окись магния	1—2 2—5	450	2
Гидроокись цинка→ окись цинка	20—25 2—3	550	2
Нормальный карбонат цинка→ окись цинка	80—85 4—5	450	2

В табл. 1 приведены значения коэффициента эманирования, наблюдаемые при переходе от гидроокисей и карбонатов к соответствующим окислам при прокаливании. Из полученных данных можно заключить, что коэффициент эманирования при этих переходах значительно изменяется.

Величина эманирующей способности зависит также от температуры прокаливания. Для магния нами было определено изменение эманирующей способности при последовательном переходе в ряду: гидроокись магния — основной карбонат — нормальный карбонат — окись магния. Коэффициент эманирования максимален для основного карбоната и падает при переходе к нормальному карбонату, что может быть следствием уменьшения удельной поверхности последнего (от 25 $м^2/г$ до 10 $м^2/г$). Для цинка сходный ряд не включал основного карбоната. Эманирующая способность гидроокиси и карбоната цинка падает при переходе к окиси соответствующего металла. Данные, приведенные в табл. 1, указывают на значительное влияние топохимических процессов на эманирующую спо-

бность изучаемых систем. Непрерывное изменение коэффициента эма-
рования в ходе топохимического процесса разложения карбонатов и ги-
роокисей могло бы дать характеристику тонких структурных превраще-
й, совершающихся на различных стадиях процесса. Измерения удель-
й поверхности серии образцов гидроокисей и карбонатов на различных
адиях превращения позволяют учесть влияние на эманирующую спо-
бность величины поверхности.

Зависимость эманирующей способности и удельной поверхности от
оцента превращения каробнатов и гидроокисей магния и цинка графи-
ски представлена на рис. 1—2.

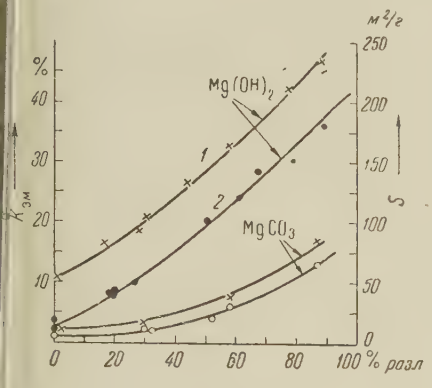


Рис. 1

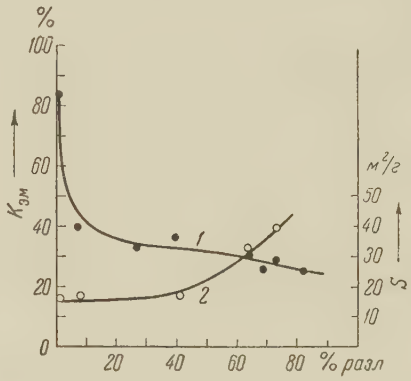


Рис. 2

ис. 1. Зависимость коэффициента эманирования (*2, 4*) и удельной поверхности (*1, 3*) от глубины превращения гидроокиси магния и карбоната магния

ис. 2. Зависимость коэффициента эманирования (*1*) и удельной поверхности (*2*) от глубины разложения карбоната цинка

Как следует из рис. 1, при дегидратации гидроокиси магния при тем-
ературе 320° имеет место увеличение коэффициента эманирования с
остом процента превращения. Одновременно наблюдается и увеличение
дельной поверхности. Кривые зависимости коэффициента эманирования
удельной поверхности от процента превращения симбатны. В конце про-
есса дегидратации (92% превращения) коэффициент эманирования из-
еняется в 20 раз, величина удельной поверхности — в 5 раз.

Аналогичный характер имеют зависимости эманирующей способности и
еличины удельной поверхности карбоната магния (рис. 1, *3* и *4*) от про-
ента его разложения при $T = 370°$. И в этом случае имеет место резкое
величение коэффициента эманирования — в 9,3 раза при 80% разложе-
ия карбоната. Удельная поверхность при этом увеличивается в 8,5 раза.

Иную картину можно наблюдать при разложении карбоната цинка и
егидратации гидроокиси цинка. Как следует из рис. 2, при разложении
арбоната цинка происходит падение эманирующей способности с глу-
ной превращения с одновременным ростом величины удельной поверх-
сти. Таким образом, в этом случае ход кривых, характеризующих зави-
мость коэффициента эманирования и величины удельной поверхности
глубины превращения топохимического процесса, является антибат-
ым. Аналогичная, но более слабая зависимость наблюдается также для
дроокиси цинка. На рис. 3 графически представлено соотношение между
менениями эманирующей способности и удельной поверхности в ходе
похимического процесса для трех изученных нами систем. Как следует
этого рисунка, зависимость коэффициента эманирования от величины
ельной поверхности в процессе дегидратации гидроокиси магния имеет
нейный характер. Аналогичный характер имеет зависимость коэффици-
та эманирования от величины удельной поверхности при разложении
рбоната магния.

Результаты проведенных измерений по изменению эманирующей спо собности и величины удельной поверхности показали наличие сущест венных изменений структуры гидроокисей и карбонатов магния и цинк в ходе топохимического процесса их разложения.

Симбатный ход кривых, характеризующих изменения коэффициент эманирования и величины удельной поверхности с глубиной превращени процесса разложения гидроокис и карбоната магния, так же как линейная зависимость коэффи циента эманирования от величин удельной поверхности, показыва ют, что основным фактором, опре деляющим коэффициент эманиро вания во время изучавшихся то похимических процессов, являетс изменение удельной поверхност

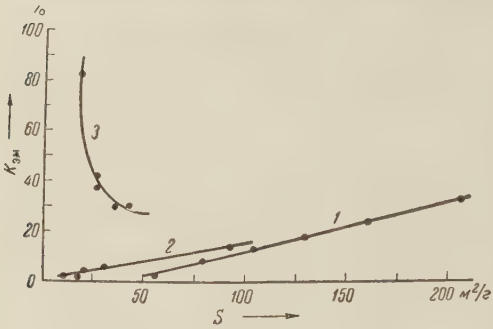


Рис. 3. Зависимость эманирующей способности от величины удельной поверхности при одинаковой глубине превращения для карбоната *(2)* и гидроокиси *(1)* магния и карбоната цинка *(3)*

Линейная зависимость межд изменением коэффициента эмани рования и величиной удельной по верхности в ходе топохимическог процесса, по всей вероятности свидетельствует об образовани твердых растворов карбонато магния, бария и радия, получающихся при их осаждении. Это предполо жение также подкрепляется данными о близости кристаллохимическо структуры карбонатов магния и бария ([7]) и, вероятно, радия. Что ж касается гидроокисей магния, бария и радия, то в виду малого содержани последних возможен также случай образования твердого раствора ил микрогетерогенного распределения их между зернами гидроокиси магния В случае карбоната и гидроокиси цинка, видимо, имеет место ино исходных соединений, можно предположить сорбционный характер за тип захвата радия. Учитывая очень высокий коэффициент эманировани хвата радия, который в виде карбоната или гидроокиси наносится на по верхность исходной твердой фазы при осаждении.

Уменьшение коэффициента эманирования с ростом величины удель ной поверхности при топохимическом разложении соединений цинка мож но было бы объяснить эффектом проникновения радия в глубь твердо фазы, затрудняющим выделение радона. Аналогичное явление отмеча Отто Хан ([2]) для радия при нагревании азотнокислых солей бария свинца. Таким образом, необычная зависимость — уменьшение эманиру ющей способности с ростом величины удельной поверхности, в данном слу чае, может быть, вызывается вторичными эффектами диффузии радия образующуюся окись цинка, или обволакиванием окисью цинка соедине ний радия и бария. Нам кажется, что дальнейшее применение эманацион ного метода к изучению топохимических стадий приготовления катализа торов может вскрыть ряд новых закономерностей. В этой связи интересе новый метод, разработанный Иехом ([8]).

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарност члену-корреспонденту АН СССР И. Е. Старику и О. С. Меликовой за кон сультации и методическую помощь.

Институт физической химии
Академии наук СССР

Поступило
21 VI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Л. С. Коловрат-Червинский, Тр. радиевой экспед. Росс. Акад. наук № 9—10 (1918). [2] O. Hahn, Applied Radiochemistry, 1936; J. Chem. Soc., **259**, (1949). [3] G. P. Hüttig, H. Wörl, H. H. Weitzer, Zs. anorg. u. allgem. Chem. **283**, 1—6, 207 (1956). [4] K. Zimens, Zs. phys. Chem., A. **191**, 1 (1949). [5] Сборн практ. работ по радиохимии, под ред. И. Е. Старика, А. Н. Мурина, А. П. Ратнера, Л. 1956. [6] R. Fricke, Ch. Feichtner, Ber, **71**, 131 (1938). [7] Б. Ф. Ормонт Структура неорганических веществ, М.—Л., 1950. [8] C. Iech, Nature, **178**, 1343 (1956).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Н. П. КЕЙЕР и Л. Н. КУЦЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ АДСОРБЦИИ НА ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ ЗАКИСИ НИКЕЛЯ

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 13 V 1957)

Электропроводность закиси никеля может изменяться в широких пределах растворением в ее решетке окислов металлов, по своей валентности отличающихся от никеля ([1]). Для развития теории химической адсорбции на полупроводниках особый интерес представляет изучение ее на системах, отличающихся электронными свойствами. Нами исследовались закономерности химической адсорбции кислорода, адсорбирующегося с захватом электронов, а также газов CO и C_2H_2, адсорбирующихся с отдачей электронов. Адсорбция этих газов, как показали специальные измерения, сопровождалась изменением электропроводности в противоположных направлениях. В первом случае электропроводность возрастала, во втором она снижалась.

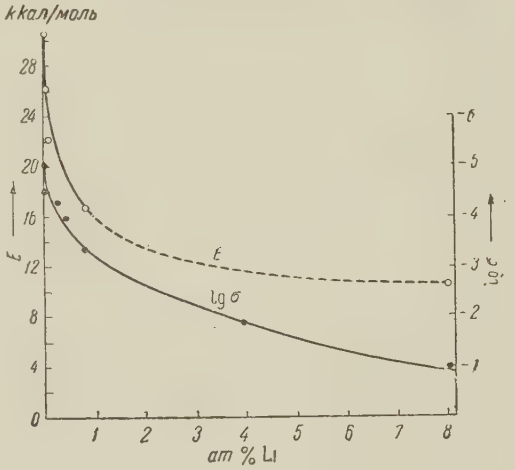


Рис. 1. Зависимость электропроводности твердых растворов NiO с Li_2O и энергии активации электропроводности от концентрации катионов Li^+ в решетке NiO

Закись никеля готовилась разложением карбоната никеля при 900° на воздухе в течение 5 час. Твердые растворы получались в тех же условиях разложением оставленных в определенной пропорции смесей карбонатов никеля и карбонатов лития.

С ростом концентрации катиона лития в решетке параметр ее уменьшается. На рис. 1 представлено изменение электропроводности и энергии активации электропроводности в зависимости от концентрации катиона лития в решетке закиси никеля. Электропроводность измерялась при комнатной температуре на воздухе.

Адсорбция изучалась в вакуумной установке по падению давления, которое регистрировалось манометром Мак Леода. Для того чтобы исключить влияние давления на кинетику, оно снижалось только в пределах 10% от начального, затем снова доводилось до исходного впуском газа из большой колбы с постоянным давлением. Катализатор защищался от паров смазки и ртути двумя U-образными ловушками, одна из которых находилась на кварцевом реакторе ([2]).

Адсорбция кислорода

Исследовались NiO и твердые растворы $NiO — Li_2O$, содержащие 1,8 и 8,0% катионов лития в расчете на сумму всех катионов и $NiO — Fe_2O_3$ (1 ат. % Fe). Адсорбция изучалась в интервале температур 200—350°. Ниже 200° скорость адсорбции мала. На рис. 2 изображены кинетические изотермы адсорбции кислорода на 1 м² поверхности. Можно

видеть, что скорость адсорбции при растворении в закиси никеля оки
ла лития возрастает. Энергии активации, вычисленные по Аррениусу и
соотношения скоростей адсорбции при одинаковых заполнениях, прив
дены в табл. 1. Увеличени
содержания катионов лити
от 0,8 до 8,0% не влияет
адсорбцию.

Вычисленные величин
свидетельствуют о пониж
нии энергии активации адсо
бции кислорода при раствор
нии окисла лития и рост
энергии активации адсорбци
при увеличении степени з
полнения поверхности.

$$q = At^{1/n}, \qquad (1$$

На закиси никеля кинет
ческая изотерма удовлетв
ряет зависимости, где $^1/_n$ и
меняется пропорционально
температурой. На твердо
растворе закиси никеля
окислом лития изменяетс
кинетический закон адсор
ции кислорода. В этом сл
чае имеет место закон: $q = A' \ln t.$ (2

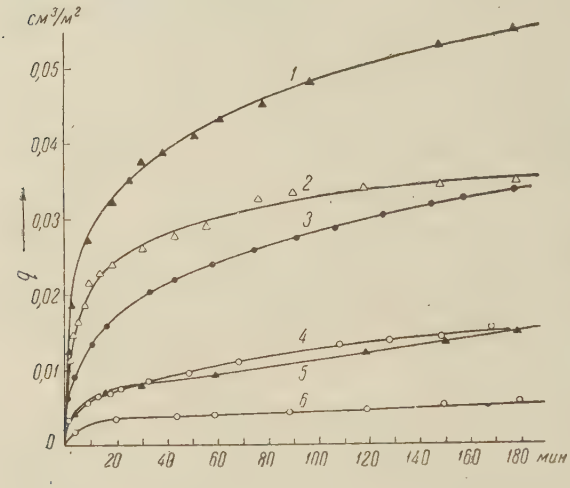


Рис. 2. Кинетические изотермы адсорбции кислорода $P_0 = 0{,}44$ мм рт. ст. *1*—$T = 360°$, NiO + 8 ат. % Li^+; *2* — $T = 360°$, NiO; *3*—$T = 310°$, NiO + 8 ат. % Li; *4*—$T = 310°$, NiO; *5*—$T = 210°$, NiO + 8 ат. % Li; *6*—$T = 210°$, NiO

Это редкий случай, когда это уравнение соблюдается при исследовани
адсорбции в широком диапазоне времени при постоянном давлении. Рас
творение Fe_2O_3 снижает скорость ад-
сорбции кислорода и повышает энер-
гию активации адсорбции.

Таблица 1

Значения энергий активации адсорбци
кислорода, вычисленных по уравнени
Аррениуса (ккал/моль)

Заполнение, см³/м²	NiO	NiO (Li_2O)
0,005	30,0	—
0,010	40,0	—
0,020	—	18,0
0,030	—	24,0

Адсорбция окиси углерода

Адсорбция CO протекает с заметной скоростью уже при комнатной температуре. Скорость адсорбции быстро снижается с ростом заполнения, максимальные покрытия поверхности невелики; при комнатной температуре за 3 часа адсорбируется объем CO, составляющий 5,0% от монослоя, высчитанного в предположении, что один катио
N^{2+} способен адсорбировать одну молекулу CO. Сверх адсорбированного
газа 10% от поглощенного CO окисляется до CO_2 за счет кислорода NiO
При 102° за 3 часа адсорбируется объем CO, составляющий 5,0% запол
нения поверхности, а количество окисленного CO составляет 25% от по
глощенного.

Растворение Li_2O в закиси никеля снижает скорость адсорбции CO
степень заполнения поверхности (рис. 3). При растворении 0,4 ат. % L
адсорбция в первую минуту составляет 0,7% от монослоя, а затем не ме
няется вплоть до 280°. При растворении Fe_2O_3 в NiO в количестве, соот
ветствующем содержанию 1 ат.% Fe, скорость адсорбции CO снижается
(рис. 3,*4*). При введении в образец NiO, содержащий 0,8 ат. % Li, 1,2 ат
% Fe из $Fe(NO_3)_3$, наблюдается частичное восстановление адсорбцион
ной способности ее по отношению к CO (рис. 3,*5*).

Адсорбция ацетилена

В отличие от CO, при адсорбции C_2H_2 за 3 часа достигаются высоки
заполнения поверхности: при 20° 22%, при 79° 53% и при 116° 68%.

Несмотря на значительно более высокие степени заполнения поверхности по сравнению с CO, на адсорбцию ацетилена оказывают тормозящее действие те же небольшие количества растворяемого окисла лития (рис. 4). Растворение 0,4 ат. % лития почти полностью подавляет адсорб-

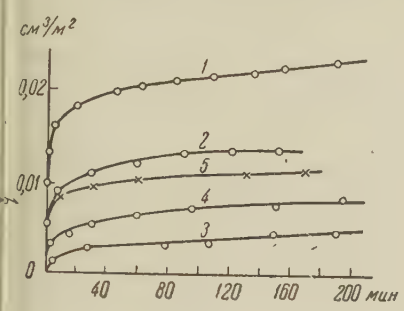


Рис. 3

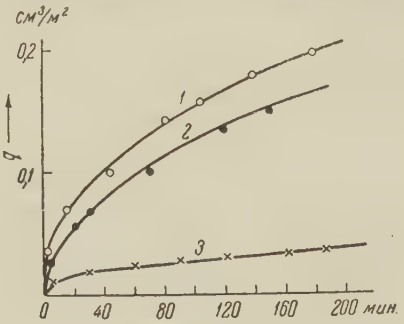


Рис. 4

ис. 3. Кинетические изотермы адсорбции окиси углерода. *1* — $T = 20°$, $P_0 =$ 0,096 мм рт. ст., NiO; *2* — $T = 20°$, $P_0 = 0{,}094$ мм рт. ст., NiO + 0,1 ат. % Li; — $T = 20°$, $P_0 = 0{,}088$ мм рт. ст., NiO + 0,2 ат. % Li; *4* — $T = 20°$, $P_0 = 0{,}092$ мм. рт. ., NiO + 0,82 ат. % Li+ 1,23 ат. %;Fe;*5* — $T = 20°$, $P_0 = 0{,}09$ мм рт. ст., NiO + + 1 ат. % Fe

ис. 4. Кинетические кривые адсорбции ацетилена. *1* — $T = 80°$, NiO; *2* — $T = 80°$, NiO + 0,1 ат. % Li; *3* — $T = 125°$, NiO + 0,2 ат. % Li

ию ацетилена, вплоть до 300°. Выше 300° измерения адсорбции не имеют мысла, так как в этой области температур наблюдаются побочные процессы окисления и разложения C_2H_2.

При введении 0,2 ат. % Li скорость адсорбции снижается настолько, то при комнатной температуре она практически отсутствует, а при 125° а 3 часа она достигает только 13,5% от монослоя.

Введение 0,1% Li слегка снижает скорость адсорбции при малых заполнениях. Величины заполнения при этом изменяются очень незначительно. Значения энергии активации адсорбции, вычисленные по Аррениусу для одинаковых степеней заполнения поверхности из температурной зависимости скорости адсорбции, указывают на ее возрастание при растворении окисла лития.

Адсорбция CO_2

Адсорбция углекислого газа на закиси никеля мала, при 26° на NiO она составляет 2,4% от заполнения поверхности, а на твердом растворе NiO с окислом лития, содержащим 8 ат. % Li, 3,5%. Кинетическая изотерма адсорбции на исходной закиси никеля удовлетворяет уравнению (1).

Обсуждение результатов

Исследование показало, что растворение окисла лития в NiO снижает скорость адсорбции CO и ацетилена и увеличивает скорость адсорбции кислорода и CO_2. В первую группу попадают газы доноры электронов, адсорбция которых сопровождается переходом электрона от адсорбирующейся молекулы к катализатору, во вторую — акцепторы электронов, оттягивающие электроны от катализатора согласно реакциям:

$$(1)\qquad CO + Ni^{3+} \rightarrow (CO)^{+}Ni^{2+},$$

$$(2)\qquad \frac{1}{2}O_2 + 2Ni^{2+} \begin{cases} O^{2-}(Ni^{3+}) + Ni^{3+} \\ O^{-}(Ni^{3+}) + Ni^{2+} \end{cases}.$$

Закись никеля — дырочный полупроводник, движение тока в котором осуществляется посредством обмена электронами между Ni^{3+} и Ni^{2+}, нахо-

дящимися в узлах решетки. Каждый катион Ni^{2+} на поверхности, вследс
вие обмена с Ni^{3+} из объема переходит на определенное время, которое те
больше, чем ближе этот узел к катиону Li^+, в катион Ni^{3+}. Концентрац
Ni^{3+} и электропроводность могут быть повышены растворением в реше
ке NiO окислов одновалентных металлов, в нашем случае LiO_2 или свер
стехиометрического кислорода ([3]), в обоих случаях получается зак
никеля черного цвета. Было установлено, что увеличение концентрац
Ni^{3+} в NiO растворением сверхстехиометрического кислорода лиш
слегка снижает адсорбцию CO и C_2H_2 на единицу поверхности, хотя
электропроводности образец соответствовал закиси никеля, содержащ
0,9 ат. % Li. Этот факт приводит к предположению, что замедление а
сорбции CO и C_2H_2 при растворении Li_2O в NiO связано с присутствием
поверхности катионов Li^+. Это предположение снимает противоречие меж
ду увеличением концентрации катионов Ni^{3+}, являющихся центрами а
сорбции для CO и C_2H_2, и снижением скорости адсорбции этих газов пр
растворении Li_2O в NiO. Влияние катионов Li^+ на окружающие катион
Ni^{2+} связано с тем, что в узлах решетки, в которых они находятся, зар
соседних ионов кислорода не скомпенсирован. Катионы с аномальным з
рядом создают сильное электростатическое поле, изменяющее рабо
выхода электрона в окружающих катионных узлах. Переход Ni^{2+} в Ni^{3}
на узлах соседних к Li^+ должен быть облегчен, что приводит к снижени
энергии активации адсорбции кислорода на катионах Ni^{2+} вблизи L
Обратное влияние будут оказывать катионы Li^+ на реакционную сп
собность катионов Ni^{3+}, находящихся в соседних узлах решетки. Вслед
ствие взаимодействия между ними их способность к реакции (1) умен
шается. Из экспериментальных данных следует, что катион Li^+ влияет
несколько ближайших катионных узлов. Чем дальше удален узел решет
от катиона Li^+, тем легче протекает адсорбция CO и C_2H_2 на катионах Ni^{3}

Неоднородность активной поверхности закиси никеля, установленна
изотопными методами ([4]), при этом находит свое объяснение.

Снижение скорости адсорбции CO при растворении Fe_2O_3 связано
уменьшением концентрации катионов Ni^{3+}. При растворении Fe_2O_3 в Ni
с Li_2O катионы Fe^{3+} располагаются в узлах ближайших от Li^+, экранир
их влияние. При соотношении катионов Li^+, Fe^3 1 : 1 адсорбционная спо
собность не восстанавливается. Требуется избыток катионов Fe^{3+} окол
1 : 1,2, чтобы частично вернулась способность к адсорбции у NiO, соде
жащей 0,8 ат. % Li.

Имеется полное сходство во влиянии растворенных окислов лития
железа в NiO на химическую адсорбцию окиси углерода и ее каталит
ческое окисление, изученное ранее ([5]). Нами сделана попытка об
яснить сложные зависимости, полученные при исследовании каталитич
ских и хемосорбционных свойств твердых растворов NiO, отличающих
электронной структурой. Вполне вероятно, что возможны и другие об
яснения этих данных. Дальнейшее исследование будет способствова
однозначному истолкованию результатов исследования твердых раствор
окислов, отличающихся электронной структурой, необходимое для постро
ния теории активной поверхности и катализа на полупроводниках.

Институт физической химии
Академии наук СССР

Поступило
11 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] E. G. W. Verwey, P. W. Haayman, F. C. Roeyn, G. W. van Oosterhou
Philips Res. Rep., **5**, 173 (1950); Chem weekblad, **44**, 705 (1948). [2] Н. П. Кейе
С. З. Рогинский, Изв. АН СССР, ОХН, **1947**, 571. [3] M. Le Blanc, H. Sachs
Zs. Electrochem., **32**, 204 (1926). Zs. anorg. Chem., **168**, 15 (1927); Phys. Zs., **32**, 88
(1931). [4] Н. П. Кейер, Проблемы кинетики и катализа IX, Изотопы в катализ
Изд. АН СССР, 1957, стр. 285. [5] Н. П. Кейер, С. З. Рогинский, И. С. Са
зонова, ДАН, **106**, 859 (1956).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

С. М. СКУРАТОВ, А. А. СТРЕПИХЕЕВ, С. М. ШТЕХЕР и А. В. ВОЛОХИНА

ОБ ЭНТАЛЬПИИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ФОРМАЛЕЙ

(Представлено академиком А. А. Баландиным 25 V 1957)

Реакция полимеризации гетероциклических соединений представляет несомненный интерес как с теоретической, так и с практической точек зрения. Известно много примеров резкого различия в реакционной способности вообще, и, в частности, в способности к полимеризации гетероциклических соединений одного и того же гомологического ряда в зависимости от числа членов в цикле. Обычно 5- и 6-членные циклы каждого ряда оказываются значительно менее реакционноспособными, чем 7- и 8-членные циклы того же ряда в тех же условиях реакции (циклы с бо́льшим числом членов почти не исследованы).

Так как и атакующий агент, и атакуемая гетеросвязь для всех гетероциклов данного ряда остаются в аналогичных реакциях формально одними и теми же, причины резкого различия в реакционной способности отдельных представителей ряда следует искать в термодинамике.

Предпринятая одним из нас ([1]) попытка общего рассмотрения реакций полимеризации гетероциклических соединений с позиций термодинамики не могла пойти дальше установления нескольких общих положений; развитие их требует большого опытного материала, который до сих пор отсутствует.

В последнее время вопрос об изменении изобарного потенциала при реакциях полимеризации циклических соединений был тщательно рассмотрен Дейнтоном с соавторами ([2]). Используя достоверные экспериментальные данные и дополняя отсутствующие величины экстраполяцией при помощи полуэмпирических уравнений, эти авторы вычислили значения ΔH, ΔS и ΔZ для цикланов (до циклооктана включительно) и для полиметилена. Сопоставляя полученные в этих расчетах величины, они могли легко вычислить изменение этих функций для гипотетической реакции полимеризации циклан (ж) — полиметилен (ж) при стандартной температуре.

Однако полученные экстраполяцией в работе ([2]) величины стандартной энтропии циклогептана и циклооктана существенно отличаются (до 9 ккал/моль · град) от экспериментально определенных Финке с соавторами ([3]).

Еще к менее надежным результатам приводят попытки распространить полученные для цикланов выводы хотя бы на простейшие ряды гетероциклических соединений ([4]). В этой области экспериментальный материал почти полностью отсутствует, и накопление его существенно необходимо.

В ряде своих работ мы ставили задачу получить опытный материал по изменению энтальпии в процессе полимеризации различных рядов гетероциклических соединений, главным образом, с числом членов цикла от 5 до 8. Полное отсутствие данных об энтропии этих соединений и соответ-

ствующих им линейных полимеров делает невозможным вычисление зн чений ΔZ реакций полимеризации. Однако мы полагаем, что и сведени об изменениях энтальпии в этих процессах несомненно окажутся поле ными для объяснения различия в реакционной способности гетероцикл ческих соединений данного ряда.

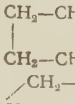
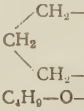
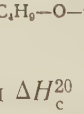
В одной из работ ([5]) нами было показано, что для ряда лактамов (р числом членов в цикле от 5 до 8) энтальпия циклизации, т. е. изменени энтальпии при реакции полимеризации, может качественно объяснить ра личие в их способности к этой реакции.

После того как было подробно исследовано равновесие в реакциях по лимеризации циклических формалей (с числом членов в цикле от 5 д 8) ([6]), представляло несомненный интерес исследовать теплоты сгорани этих соединений и из сравнения величин экспериментально найденной те лоты сгорания, вычисленной для данного соединения по инкремента входящих в него атомных групп, вычислить величину энтальпии цикли зации (как это было сделано в ([5]) для лактамов). Способ проведения та кого расчета и его правомерность обсуждались в ([5]).

Кроме того, было интересно сопоставить величины энтальпии цикли зации в ряду формалей с соответствующими величинами для цикланов для которых в литературе имеются надежные данные по теплотам сго рания ([7, 8]), отнесенные к газообразному состоянию (в случае лактамов ([5]) такое сопоставление не могло быть сделано за отсутствием надежны данных по теплотам их плавления или сублимации).

Методика, примененная для определения теплоты сгорания, описанна нами ранее ([9]), дает возможность получить результаты с точностью 0,02—0,03%. Все исследованные в данной работе объекты при комнатной температуре являются жидкостями; они сжигались в калориметрической бомбе в запаянных тонкостенных стеклянных ампулах. Физические константы исследуемых веществ и полученные нами экспериментальны данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Соединение	Формула	Т. кип., °С	n_D^{20}	d_4^{20}	$-\Delta H_c^{20}$, ккал/моль (жидк.)	Теплота испарения, ккал/моль	ΔH_c^{20}, ккал/моль (газ.)
Этиленформаль		76,0	1,4002	1,0595	407,6	8,3	415,9
Триметиленформаль		103,5—104	1,4183	1,0319	557,4	9,4	566,8
Тетраметиленформаль		117—117,5	1,4307	1,0023	719,4	9,8	729,2
Пентаметиленформаль		134	1,4383	0,9886	884,0	10,7	894,7
Дибутилформаль		180	1,4060	0,8340	1398,7	13,7	1412,4

Величины ΔH_c^{20} представляют выраженные в ккал$_{15°}$ изменения энтальпии при изотермическом (при 20°) сгорании исследуемых веществ в жидком состоянии при давлении в 1 атм и при образовании в качестве продуктов реакции газообразных CO_2 и жидкой H_2O.

Приведенные в табл. 1 теплоты испарения исследуемых веществ при 20° рассчитаны нами с точностью до 1—2% по полуэмпирическим соотношениям ([10]).

В последней графе приведены теплоты горения при 20°, относящиеся к газообразному состоянию веществ.

Из полученных данных были рассчитаны величины энтальпии циклизации как разности между теплотами сгорания соответствующих соединений в газообразном состоянии и теплотами сгорания, рассчитанными для них аддитивно по инкрементам соответствующих групп. В качестве инкремента теплоты сгорания на группу $—CH_2—$ принималась известная из литературы для алканов величина 157,4 ккал ([11]). Инкремент теплоты сгорания на группу $—O—CH_2—O—$ был определен путем сравнения найденной нами теплоты сгорания дибутилформаля с теплотой сгорания нормального октана ([11]): он оказался равным 94,9 ккал.

В табл. 2 приводятся энтальпии циклизации циклических углеводородов ([7], [8]) и формалей.

Таблица 2

Энтальпия циклизации для углеводородов и формалей (ккал/моль)

Число членов в цикле	Углеводород	Формаль
5	6,6	6,2
6	0,1	0,0
7	6,2	4,7
8	9,6	12,8

Как видно из табл. 2, для обоих рядов соединений минимальную энтальпию циклизации имеют 6-членные, а максимальную — 8-членные циклы.

Величины энтальпии циклизации для равночленных алканов и формалей (кроме 8-членных) близки. Следует отметить, что избыток энтальпии циклических формалей, так же как и алканов, убывает по ряду $8>5>7>6$. Количественные исследования равновесия полимер$\rightleftarrows$мономер для циклических формалей ([6]) показали, что их склонность к полимеризации зависит от числа членов в кольце и убывает по ряду $8>7>5>6$, причем 5- и 7-членные циклы по своей способности к полимеризации различаются мало.

Сопоставляя эти данные с полученными в настоящей работе величинами энтальпии циклизации, можно заключить, что эта величина позволяет оценить сравнительную способность к полимеризации для соединений данного ряда.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
16 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. А. Стрепихеев, Диссертация, ВНИИВ, 1950. [2] F. S. Dainton, T. R. E. Delvin, P. A. Small, Trans. Farad. Soc., **51**, 1710 (1955). [3] H. L. Finke, D. W. Scott et al. J. Am. Chem. Soc. **78**, 5469 (1956). [4] P. A. Small, Trans. Farad. Soc., **51**, 1717 (1955) [5] А. А. Стрепихеев, С. М. Скуратов и др., ДАН **102**, № 1, 105 (1955). [6] А. А. Стрепихеев, А. В. Волохина, ДАН, **99**, № 3, 407 (1954). [7] R. Spitzer, H. Huffman, J. Am. Chem. Soc., **69**, 211 (1947). [8] Sj. Kaarsemaker, J. Coops, Rec. Trav. Chim., **71**, № 2, 261 (1952). [9] С. М. Скуратов, А. А. Стрепихеев и др., Уч. зап. МГУ, **164**, 73 (1953). [10] W. Heukelom, Rec. Trav. Chim., **68**, 661 (1949). [11] E. I. Prosen, F. D. Rossini, J. Res. Nat. Bur. Stand, **34**, 263 (1945).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

БИОХИМИЯ

Г. П. ТОРОПОВА

ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ РЕСИНТЕЗ АДЕНОЗИНТРИФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ПЕЧЕНИ ОБЛУЧЕННЫХ КРЫС

(Представлено академиком Л. С. Штерн 22 VI 1957)

При воздействии ионизирующей радиации на организм в тканях снижается синтез ряда жизненноважных соединений, таких как белки и нуклеиновые кислоты. Естественно, что многие исследователи стали искать причину этих изменений в нарушении энергетического обмена клеток.

Сопряженное фосфорилирование под влиянием облучения исследовалось главным образом в селезенке ([1–4]). Ткань печени в этом отношении изучена мало.

В данной работе определялась интенсивность окислительного ресинтеза аденозинтрифосфорной кислоты в ткани печени в различные сроки после облучения крыс рентгеновскими лучами.

Подопытные крысы-самцы весом 170 г подвергались воздействию смертельной дозы рентгеновских лучей (650 г). Условия облучения: 180 кв, 15 ма; фильтры 0,5 мм меди и 1 мм алюминия; расстояние от антикатода 30 см; мощность дозы 60 г/мин. При этой дозе животные погибали в течение 14 суток. Крысы получали обычный рацион и были убиты через 3 часа, 3 и 6 суток после лучевого воздействия. На каждый срок поставлено по 10 опытов. В каждом опыте использована печень одной крысы.

Для удаления из печени основной массы предобразованных акцепторов фосфата перед опытом животные выдерживались без пищи в течение 26 час. Ферментной системой служила суспензия, полученная при гомогенизации ткани печени с равным объемом фосфатного буфера 1/30 *М*, pH 7,6 ([5]). Эта суспензия (0,50 мл) смешивалась с равным объемом фосфатного буфера $^1/_{15}$ М, pH 7,6, содержащего 10 мг адениловой кислоты (АК) и фтористого натрия в концентрации 1/20 М. Реакционная смесь инкубировалась добавлением равного объема 5% трихлоруксусной кислоты (ТХУ). В контрольных пробах ТХУ добавлялась перед прибавлением фермента.

Интенсивность окислительного ресинтеза АТФ определялась двумя методами: 1) по связыванию фосфора (убыль неорганического фосфора в инкубированной пробе) и 2) по фосфору синтезированной АТФ, отщепляемому при 7-минутном гидролизе в 1 NHCl при 100°. Убедившись в специально поставленных опытах, что в наших условиях эфир Кори практически отсутствует и не может мешать определению АТФ с помощью кислотного гидролиза, мы провели сравнительное исследование окислительного ресинтеза АТФ в различные сроки лучевой болезни. Статистически обработанные средние данные, выраженные в миллиграммах фосфора, связанного за 30 мин. инкубации количеством фермента, полученным из грамма сырой ткани печени, представлены на рис. 1.

У контрольных животных в пробах без добавления субстрата связы-

валось 0,36 мг фосфора, в присутствии АК 0,97 мг. Сумма ресинтезированной при инкубации АТФ равнялась 0,96 мг. Фосфорилирование добавленной адениловой кислоты, определенное по связыванию фосфора, составляло 0,61 мг (0,97—0,36), по легкогидролизуемому фосфору 0,63 мг (0,96—0,33). Хорошее совпадение результатов, полученных обоими методами, указывало на то, что в случае контрольных животных определение фосфорилирования АК по связыванию фосфора так же правомерно, как и по легкогидролизуемому фосфору АТФ.

Количественное освобождение фосфора при 7-минутном гидролизе показывает, что у контрольных животных весь фосфор, связанный в процессе окислительного фосфорилирования, представлен АТФ. Причем фосфор, освобожденный при гидролизе проб, инкубированных без субстрата (0,33 мг Р), отражает количество АТФ, синтезированной за счет предобразованной адениловой кислоты, и косвенно указывает на количество адениловой кислоты, присутствующей в суспензии печени.

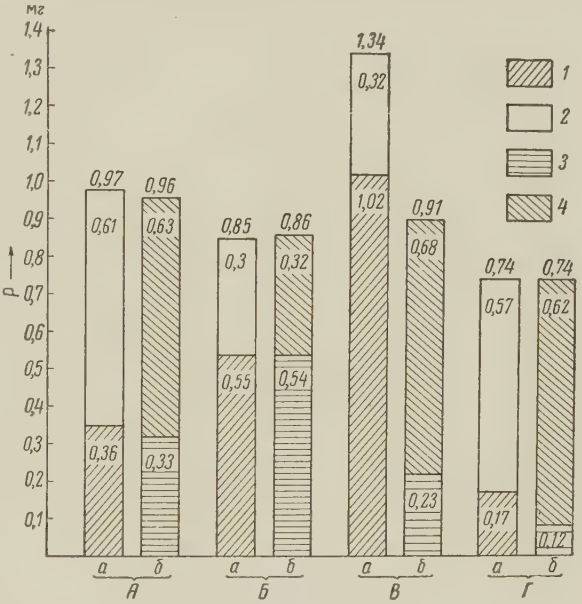


Рис. 1. Окислительный ресинтез АТФ в печени в различные сроки после облучения. *А* — контроль, *Б* — через 3 часа, *В* — через 3 суток, *Г* — через 6 суток. *а* — связанный *Р*, *б*—*Р* АТФ. *1*—*Р*, связанный предобразованными акцепторами фосфата; *2*—*Р*, связанный за счет добавленной АК; *3* — легкогидролизуемый фосфор *АТФ*, синтезированный за счет предобразованной АК; *4* — легкогидролизуемый фосфат АТФ, синтезированный за счет добавленной АК

Воздействие рентгеновскими лучами приводит к изменениям, которые зависят от сроков, прошедших со времени облучения. Через 3 часа после облучения имеет место незначительное падение общего уровня окислительного фосфорилирования (с 0,97 до 0,87 мг Р). Мы склонны это объяснить не торможением ресинтеза АТФ, а некоторым увеличением ее распада. В этот срок, так же как и у контрольных животных, весь связанный фосфор представлен легкогидролизуемой фракцией (АТФ). Фосфорилирование добавленной адениловой кислоты резко падает (до 0,33 мг Р).

Наряду с уменьшением фосфорилированием добавленной АК происходит увеличение связывания фосфора предобразованными субстратами печени (с 0,36 до 0,59 мг Р).

Поскольку весь фосфор, связанный предобразованными субстратами печени, представлен легкогидролизуемым фосфором АТФ, следует считать, что акцептором фосфата в пробе без добавления субстрата была предобразованная адениловая кислота, конкурирующая с АК, добавленной извне. Это в свою очередь показывает, что в первые часы после облучения содержание АК в печени увеличивается.

Как известно, новообразование АК из первоисточников в облученных тканях заторможено. В этих условиях источником ее могут быть в основном нуклеиновые кислоты. Наблюдаемый нами факт увеличения содержания адениловой кислоты в печени приобретает особое значение, указывая на распад нуклеиновых кислот с образованием низкомолекулярных соединений в первые часы после облучения ([6-7]).

На 3 сутки лучевой болезни общий уровень фосфорилирования поднимался с 0,97 до 1,34 мг Р. Это происходило в основном за счет увеличения связывания фосфора предобразованными субстратами (с 0,36 до 1,02 мг).

Фосфорилирование адениловой кислоты, определенное по разности между общим связыванием фосфора и связыванием его без добавления субстрата, составляло 0,32 мг Р (1,34—1,02 мг).

Поскольку на 3 сутки лучевой болезни увеличивалось связывание фосфора предобразованными субстратами (с 0,36 до 1,02 мг), данные, полученные этим методом, не соответствуют истинному фосфорированию добавленной адениловой кислоты. Они являются заниженными.

Это подтверждается анализом данных, полученных при определении АТФ по легкогидролизуемому фосфору.

В противоположность контрольным, у облученных животных через 3 суток лучевой болезни мы не наблюдали соответствия между связыванием фосфора и освобождением его при 7-минутном гидролизе. Освобождалось фосфора значительно меньше, чем связывалось. Так, в присутствии адениловой кислоты связывалось 1,34 мг Р, а освобождалось 0,91 мг. За счет предобразованных субстратов связывалось 1,02 мг, а освобождалось только 0,22 мг Р. Сумма АТФ, ресинтезированной при инкубации, составляла 0,91 мг. Из них за счет добавленной адениловой кислоты синтезировалось 0,69 мг РАТФ (0,91—0,22), а не 0,32 мг, как это вытекало из определения АТФ по связыванию фосфора.

Таким образом, оказывается, что метод определения интенсивности окислительного фосфорилирования по связыванию неорганического фосфора, которым пользуются многие авторы, вполне оправданный в опытах на контрольных животных, становится неприемлемым для изучения этого процесса при патологических состояниях организма.

Фосфорилирование за счет предобразованной АК снижается с 0,33 до 0,22 мг. На основании этого можно предположить, что через 3 суток после облучения содержание адениловой кислоты в печени уменьшается.

Увеличение связывания фосфора предобразованными субстратами на 3 сутки лучевой болезни объясняется накоплением фракций, фосфор которых не отщепляется при 7-минутном кислотном гидролизе.

Известно, что в одинаковых условиях питания у облученных крыс в печени содержится больше гликогена, чем у контрольных ([8]). На этом основании можно предполагать, что предобразованным акцептором фосфора на 3 сутки является гликоген.

Фосфоролиз гликогена на 3 сутки после облучения животных рентгеновскими лучами (650 г) существенно не нарушается ([9]). Следовательно, наблюдавшееся нами повышенное связывание фосфора предобразованными субстратами может быть отнесено за счет фосфоролиза гликогена и накопления фосфорных эфиров, дальнейшее превращение которых заторможено.

Таким образом, повышенное связывание фосфора в данном случае не отражает увеличения интенсивности процессов окисления и фосфорилирования.

На 6 сутки лучевой болезни общий уровень окислительного фосфорилирования падает с 0,97 до 0,74 мг Р, что объясняется уменьшением связывания фосфора предобразованными субстратами. В этот срок, как и в контроле, наблюдается полное соответствие между связыванием фосфора и его освобождением при 7-минутном кислотном гидролизе. Суммарное количество синтезированной АТФ равнялось 0,74 мг. Из них 0,62 мг образовалось за счет добавленной АК и 0,12 мг — за счет преобразований АК.

Снижение синтеза АТФ в пробах без добавления субстрата с 0,33 до 0,12 мг Р является доказательством дальнейшего уменьшения содержания АК в печени.

Уменьшение содержания адениловой кислоты в печени в этот срок может быть связано с нарушением процессов синтеза и распада АК, повышенным ее использованием для новообразования нуклеиновых кислот ([6]) и с голоданием ([8]). Ресинтез АТФ из добавленной АК был таким же, как и у контрольных животных (0,62 мг).

Следовательно, при лучевой болезни, вызванной минимальной летальной дозой рентгеновских лучей, способность ферментов печени синтезировать макроэргические связи существенно не нарушается.

Наблюдавшееся некоторыми авторами ([10]) снижение содержания АТФ объясняется уменьшением количества первичного акцептора фосфора (АК) и некоторым усилением распада АТФ.

Сохранность ферментных систем, обеспечивающих окислительный ресинтез АТФ, еще не указывает на полное благополучие в энергетическом обмене клетки. Большое значение имеет наличие коферментов. В частности, наличие первичного акцептора фосфора (АК) является лимитирующим фактором, регулирующим окисление, связанное с фосфорилированием. Кроме того, необходимо, чтобы аккумулированная в АТФ энергия использовалась по назначению, во время освобождалась и обеспечивала синтетические процессы, происходящие в клетке. Для этого необходима сохранность других ферментных систем, обеспечивающих синхронность биохимических реакций.

Выводы. 1. Общий уровень связывания фосфора изменяется в зависимости от стадии заболевания. Через 3 часа после облучения он несколько падает (на 10%), на 3 сутки увеличивается (на 36%), на 6 вновь снижается (на 23%).

2. Увеличение общего уровня окислительного фосфорилирования на 3 сутки лучевой болезни объясняется увеличением связывания фосфора предобразованными акцепторами фосфата и торможением дальнейшего превращения фосфорилированных продуктов.

3. Снижение общего уровня фосфорилирования на 6 сутки лучевой болезни зависит от уменьшения количества предобразованных акцепторов фосфора. Ресинтез АТФ из добавленной АК не отличается от нормы.

4. Окислительный ресинтез АТФ в печени при облучении животных минимальной абсолютно летальной дозой рентгеновских лучей существенно не нарушается. Снижение связывания фосфора за счет добавленной АК через 3 часа после облучения объясняется увеличением количества предобразованной адениловой кислоты в ткани, конкурирующей с АК, добавленной извне. Суммарный ресинтез АТФ был снижен незначительно (на 10%).

5. В первые часы после облучения в печени крыс увеличивается количество адениловой кислоты. По мере развития лучевой болезни содержание адениловой кислоты в печени уменьшается.

Поступило
22 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] I. E. Thomson, W. W. Tourtellote, M. Carttar, Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **80**, 407 (1952). [2] K. P. Du Bois, D. F. Peterson, Am. J. Physiol., **176**, 282 (1954). [3] Q. Ashwel, I. Hickman, Arch. Biochem., **43**, 389 (1953). [4] Q. Ashwel, I. Hickman, J. Biol. chem., **201**, 651 (1953). [5] Г. П. Торопова, Вопросы питания, **9**, 45 (1952). [6] Г. П. Торопова, ДАН, **114**, № 1, 80 (1957). [7] Г. П. Торопова, Журн. медиц. радиол., 1957. [8] Г. П. Торопова, Вопросы медицин. химии (в печати). [9] Г. П. Торопова в кн. И. И. Иванов и др. Обмен веществ при лучевой болезни, 1956, стр. 119. [10] Q. Ashwell, I. Hickman, Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **80**, 407 (1952).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ГЕОЛОГИЯ

А. И. АРХАНГЕЛЬСКИЙ

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ОБЛАСТИ МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКОГО УГЛЕНАКОПЛЕНИЯ В ЗАПАДНОМ ПРИАМУРЬЕ

(Представлено академиком С. И. Мироновым 3 IV 1957)

В литературе по ископаемым углям Дальнего Востока отсутствуют указания о тектоническом районировании области мезо-кайнозойского угленакопления в пределах Западного Приамурья и сопредельных областей Китая. Приведенные ниже материалы по этому вопросу являются первым опытом классификации угольных бассейнов, районов и месторождений Дальнего Востока по признакам их строения и истории тектонического развития. Тектоническое районирование вышеуказанных территорий позволило конкретизировать районы распространения угольных залежей.

В пределах Западного Приамурья и смежных областей Дальнего Востока установить историю развития структурных форм домезозойской складчатой структуры весьма трудно, так как последняя в сильной степени изменена позднейшей складчатостью. Однако в результате работ В. А. Обручева (*), Н. С. Шатского ([4,5]), Н. П. Хераскова ([3]), П. Н. Кропоткина ([1]) и др. на этой территории установлены следующие структурные элементы (рис. 1).

I. Докембрийское ядро Зейско-Буреинской плиты.

II. Область древнепалеозойской складчатости.

III. Область новопалеозойской (герцинской) складчатости.

IV. Область мезозойской (верхоянской или тихоокеанской) складчатости.

V. Хингано-Буреинский антиклинорий.

Приведенные структурные формы играли важную роль при осадконакоплении, и в частности при угленакоплении в пределах Западного Приамурья. Возвышенные части Зейско-Буреинской плиты, горные сооружения палеозойской и мезозойской складчатости являлись в мезо-кайнозое, по-видимому, областями сноса. Отрицательные формы рельефа, соответствующие синклинальным зонам мезозойской (верхоянской) геосинклинальной складчатости, краевые и внутренние прогибы, синеклизы представляли собой области накопления терригенных осадков. В пределах перечисленных структурных форм установлены юрские, меловые и третичные угленосные образования континентальных и морских фаций.

I фаза угленакопления соответствует средней и, возможно, нижней юре. II фаза — верхней юре и нижнему мелу, III фаза — верхнему мелу, третичному периоду. I и II фазы угленакопления относятся к верхнему и среднему структурным ярусам верхоянского комплекса (J_3—Cr_1, T—J_2), выделенного Н. П. Херасковым ([3]). III фаза угленакопления соответствует среднему и верхнему структурным ярусам кайнозойской складчатости (Cr_2, Pg).

Во время I фазы угленакопления образовались угольные пласты и вмещающие их породы, условно средне-нижнеюрского возраста, развитые в бассейне верхнего течения р. Амура и в бассейне р. Б. Биры. Эти угленосные отложения изучены крайне недостаточно (Бирское каменноугольное месторождение, Верхне-Амурский угленосный район и др.).

В пределах Западного Приамурья и смежных областей Дальнего Востока наибольшее распространение имеют угленосные отложения верхнеюрского-

нижнемелового возраста, возникшие во время II фазы угленакопления. Они слагают в основном Зейскую угленосную площадь, Буреинский каменноугольный бассейн, Верхне-Амурский угленосный район и их аналоги, приуроченные к структурным формам типа краевых прогибов.

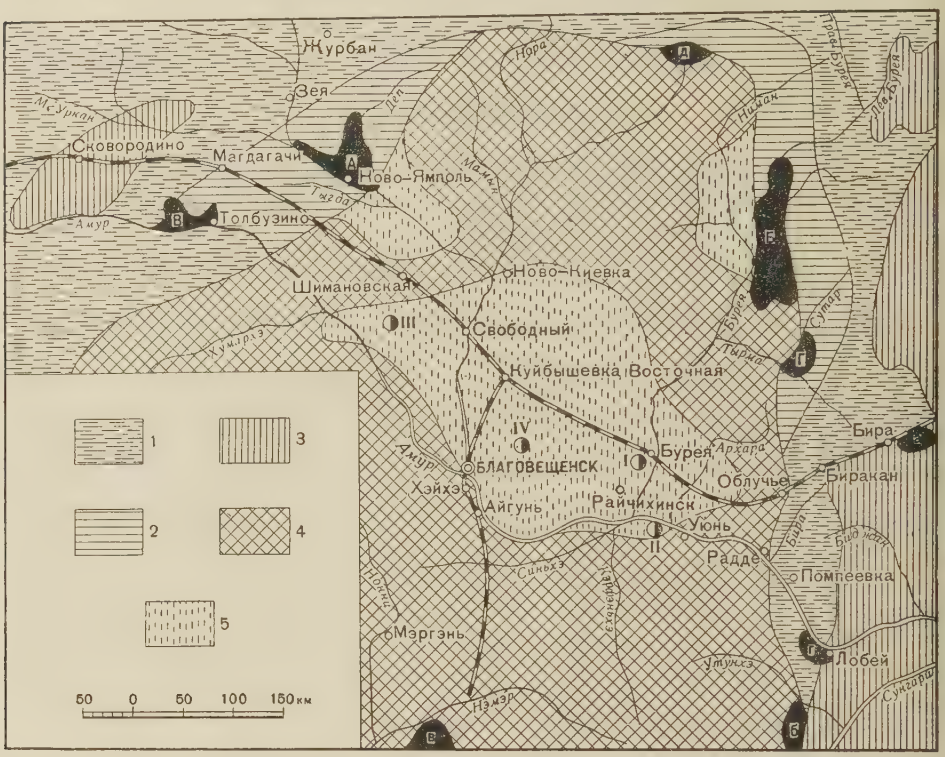


Рис. 1. Схема расположения тектонических зон Западного Приамурья с указанием бассейнов районов и месторождений ископаемых углей. *1—3* — мезозойская складчатость: *1* — нижний структурный ярус (A—S_1, S_2—C), *2* — верхний структурный ярус. Краевые прогибы (J_3 — Cr_1), *3* — верхоянский комплекс (C — J), *4* — Буреинский массив и область герцинской складчатости (Prz, S_2 — D), *5* — область развития мезо-кайнозойских платформенных структур на докембрийском и палеозойском складчатых основаниях. Границы тектонических зон перенесены в схематизированном виде с тектонической карты СССР 1952 г.

Структурные ярусы объединены автором

Синклинальные зоны и краевые прогибы ? верхоянской геосинклинальной складчатости	Структурные формы платформенного типа	Структурные формы типа краевого прогиба
а. Бирское месторождение } J_3—Cr_1 б. Хэганский район } в. Месторождение в бассейне р. Нони Cr_1, г. Лобейское месторождение J_3—Cr_1	I. Кивдо-Райчихинское месторождение (Tr) II. Выходы бурых углей в районе с. Уюнь (Cr_2) III. Цагаянское месторождение (Cr_2) IV. Буроугольные месторождения района г. Благовещенска (Tr)	А. Зейская угленосная площадь Б. Буреинский бассейн В. Верхне-Амурский район } J_3—Cr_1 Г. Тырминский район Д. Огоджинское месторождение
Верхний и средний структурные ярусы мезозойской складчатости (T — J_2), (J_3—Cr_1)	Верхний и средний структурные ярусы кайнозойской складчатости (Cr_2, Pg)	Верхний и средний структурные ярусы мезозойской складчатости (T—J_2), (J_3— Cr_1)

К этой фазе угленакопления относятся также каменноугольные месторождения, расположенные в синклинальных зонах мезозойской (верхоянской) геосинклинальной складчатости, например Сучанский, Суйфунский каменноугольные бассейны, Бирское каменноугольное месторождение и, по-видимому, Хэганский угленосный район.

Угленосные отложения верхнемелового и третичного возрастов III фазы угленакопления установлены по левому и правому берегам р. Амура в районах сс. Смирновки, Уюня, Райчихи и др., в границах Нижне-Зейской синеклизы. Одновозрастные месторождения установлены также и за пределами Западного Приамурья.

Перечисленные выше угленосные бассейны, районы и месторождения по признакам их строения и истории тектонического развития могут быть отнесены, на основании имеющихся материалов, к трем тектоническим зонам.

1-я тектоническая зона охватывает Амурско-Зейский и Буреинский краевые прогибы верхнеюрского-нижнемелового возраста *, окаймляющие в виде полукольца с востока, севера и запада Буреинский массив и причлененную к нему область герцинской складчатости. На юге, в Северной Манчжурии, указанные структурные формы не установлены.

Во 2-ю тектоническую зону входят синклинальные и антиклинальные структуры мезозойской (верхоянской) геосинклинальной области, расположенные к востоку от Хингано-Буреинского антиклинория. Например, Биро-Урмийская, Сучанская, Суйфунская синклинальные зоны и др.

Сучанская и Суйфунская зоны выходят за границы Западного Приамурья и приводятся с целью получения более полной характеристики геотектонической обстановки угленакопления в мезозое.

К 3-й тектонической зоне относятся структурные формы платформенного типа, установленные в пределах Буреинского массива и причлененной к нему области герцинской складчатости.

Следует отметить, что одновозрастные стратиграфические комплексы угленосных отложений могут быть приурочены к двум или трем тектоническим зонам. Например, угленосные толщи II фазы угленакопления (J_3—Cr_1) установлены в пределах структурных форм типа краевых прогибов, синклинальных зон мезозойской (верхоянской) геосинклинальной складчатости и в платформенных условиях.

Образование структурных форм, имевших главное значение при угленакоплении в верхнем мезозое в пределах Западного Приамурья, связано с древне-киммерийской, юно-киммерийской, австрийской, лярамийской и, по-видимому, более поздними орогеническими фазами ([1]).

Принадлежность изучаемых угольных месторождений к той или иной тектонической зоне определяет, в основном, их структурную форму, строение угленосных толщ и отчасти качество углей. Угленосные толщи верхнеюрского-нижнемелового возраста, установленные в пределах структурных форм типа краевых прогибов и в синклинальных зонах мезозойской (верхоянской) геосинклинальной складчатости, имеют значительную мощность, большое количество угольных пластов. Угли большинства пластов являются спекающимися и находятся, в основном, на стадии метаморфизма длиннопламенных, газовых, паровично-жирных. Наоборот, угленосные толщи, развитые в пределах платформенных структур, не имеющих линейного расположения, характеризуются незначительной мощностью, неболь-

---

* Условия накопления угленосных толщ и их залегание в пределах Амурско-Зейского и Буреинского прогибов отличаются от условий залегания угленосных толщ в типичных краевых прогибах. Например, в вышеуказанных прогибах установлено наличие интрузий кислых магм, которые являются нехарактерными для типичных краевых прогибов и пр. По-видимому, Амурско-Зейский и Буреинский прогибы правильнее называть структурными формами типа краевых прогибов. При дальнейшем изложении термин «краевой прогиб» будет применяться условно.

шим количеством угольных пластов, невысокой стадией метаморфизма угле и вмещающих пород или полным отсутствием последнего (бурые угли глины и пески) *. Каменные угли, установленные в пределах структурны форм типа краевых прогибов в Западном Приамурье, как правило, харак теризуются высокой зольностью и весьма трудной обогатимостью (Зейска угленосная площадь, Буреинский каменноугольный бассейн). Каменны угли Бирского каменноугольного месторождения, Сучанского и Суйфу ского каменноугольных бассейнов и Хэганского угленосного района в Ки тае характеризуются меньшей зольностью и лучшей обогатимостью п сравнению с вышеописанными углями. Меньшая зольность и лучшая обо гатимость бирских, сучанских и хэганских углей объясняются наличие в области мезозойской (верхоянской) геосинклинальной складчатости верхнем мезозое условий угленакопления, отличных от условий угленако пления, существовавших в то же время в пределах структурных форм тип краевых прогибов на территории Западного Приамурья.

По-видимому, одним из главных факторов, объясняющих образовани залежей бирских, хэганских и сучанских углей лучшего качества, явля ется изменение условий вулканической деятельности в пределах мезозой ской (верхоянской) геосинклинальной области, что, в свою очередь, обу ловило уменьшение или прекращение поступления в торфяники пепловог материала, загрязнявшего исходное органическое вещество, как это устано лено при изучении буреинских и зейских углей. Райчихинские бурые угли генетически связанные со структурными формами платформенного типа характеризуются сравнительно небольшой зольностью.

В пределах Советского Дальнего Востока и сопредельных областе Китая выделяются следующие три типа угольных бассейнов:

1. Платформенный тип, представителем которого является Средне-Амур ский буроугольный бассейн (Кивдо-Райчихинское, Архаро-Богучанско месторождения и др.).

2. Геосинклинальный тип (Сучанский, Суйфунский каменноугольны бассейны и др., генетически связанные с синклинальными зонами ме зозойской (верхоянской) геосинклинальной складчатости.

3. Каменноугольные бассейны, приуроченные к структурным форма типа краевых прогибов (Буреинский каменноугольный бассейн, Зейска угленосная площадь и др.).

Поиски новых месторождений коксующихся углей 2-го типа являются в настоящее время наиболее важной задачей в связи с необходимостью выяв ления коксовых баз для вновь строящихся крупных металлургически заводов. Объектами для поисков новых месторождений энергетически углей 1-го типа могут служить мезо-кайнозойские структурные формы развитые на докембрийском и палеозойском складчатых основаниях. Поис ки новых месторождений 3-го типа в пределах Западного Приамурья, харак теризующихся наличием высокозольных и труднообогатимых углей, могут быть рациональными только в районах, имеющих благоприятные экономи ческие условия, например, небольшое расстояние от потребителя.

Всесоюзный научно-исследовательский
угольный институт

Поступило
21 III 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] П. Н. Кропоткин, Вопросы геологии Азии, 1, Изд. АН СССР, 1954 [2] В. А. Обручев, Геология Сибири, 1, 2, 1935—1936. [3] Н. П. Херасков и др. Тр. ВИМС, в. 149 (1939). [4] Н. С. Шатский, Бюлл. МОИП, нов. сер., в. 2 (1945). [5] Н. С. Шатский, Бюлл. МОИП, отд. геол., № 3—4, (1932).

* Более подробные сведения по геологическому строению, угленосности, качеству углей, условиям образования угленосных толщ приводятся в работе автора «Зейская угленосная площадь и ее аналоги в пределах Советского Западного Приамурья и смежных областей Китая», подготовленной к печати.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ГЕОЛОГИЯ

И. Е. ПОСТНИКОВА, А. И. ЛЯШЕНКО и Л. Н. ЕФРЕМОВА

К СТРАТИГРАФИИ СРЕДНЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ШКАПОВСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОЙ БАШКИРИИ

(Представлено академиком Н. С. Шатским 26 X 1956)

Среднедевонские отложения на Шкаповской площади относятся к эйфельскому и живетскому ярусам.

Эйфельский ярус D_2^1

Такатинская свита $D_2^{1\,tak}$. В основании среднего девона на Шкаповской площади залегает пачка песчаников — грубо-зернистых, гравелитистых, плохо отсортированных, серого цвета, с массивной или толстослоистой текстурой. Мощность ее в среднем около 15 м.

Среди песчаников встречаются маломощные прослои серых глинистых алевролитов. Песчаная пачка водоносна и в промысловой практике называется пластом $Д_V$.

М. Ф. Жарковой из аналогичной пачки в Туймазах определены споры зоны Traareotriletes, характерные для ряжского горизонта центральной части Русской платформы, такатинской свиты Краснокамска и печорского горизонта Тимана. Последний охарактеризован эйфельской флорой, среди которой З. Ф. Чиркова-Залесская определила Taeniocrada dubia Kr. et W. и Hostimella hostimensis P. et B.

Кальцеоловый и бийский горизонты $D_2^{1\,ca'c-bii}$. Выше песчаников залегает так называемый нижний известняк. Мощность его на Шкаповской площади изменяется от 21 до 31 м. Нижний известняк может быть подразделен на верхнюю и нижнюю части, между которыми залегает 2-метровый прослой, по-видимому, аргиллита.

Нижняя часть карбонатной пачки представлена известняками буровато-серого цвета, микро-кристаллическими, участками перекристаллизованными, трещиноватыми и неравномерно-глинистыми. В этой пачке встречены немногочисленные остатки брахиопод, головоногих, криноидей, остракод и других групп фауны. Отсюда определены следующие брахиоподы: Conchidiella cf. pseudobaschkirica Tschern., Emanuella sp. и др., а также Cupressocrinus rossicus Anthr., Tentaculites sp., Bactrites sp. и др.* Л. Н. Ефремовой определены следующие остракоды: Microcheilinella aff. affinis Pol., Microcheilinella notabilis Pol., Microcheilinella larionovae Pol., Bairdiocypris? cf. cordiformis Rogd., Bairdia holoschurmensis Pol.

Верхняя часть нижнего известняка сложена породами, мало отличными от известняков нижней части. В отличие от нижних, известняки верхней части более богаты фауной, среди которой встречены брахиоподы, криноидеи, гастроподы и представители других групп. Отсюда определены: Stropheodonta uralensis Vern., Conchidiella baschkirica Vern., Conchidiella cf. pseudobaschkirica Tschern., Chonetes sp., Emanuella sp., Ilmenia ex gr. inflata Schnur., Cupressocrinus rossicus Anthr., Tentaculites sp. и др.

* В Стерлибашево из нижней части известняка определена Calceola sandalina Lam.

В центральных областях Русской платформы соответствующие отложения, по-видимому, представлены в других фациях и охарактеризованы резко отличным комплексом фауны, что не позволяет провести прямого сопоставления этих отложений.

Живетский ярус D_2^2

В составе живетского яруса снизу вверх можно выделить воробьевский и старооскольский горизонты.

Воробьевский горизонт $D_2^{2\,vrb}$. На отложениях бийских слоев с размывом залегает пачка песчано-аргиллитовых пород мощностью до 10 м. В основании пачки лежит пласт серых, грубо-зернистых, плохо отсортированных песчаников с гравийной примесью. Песчаный пласт перекрывается темно-серыми или желтовато-бурыми аргиллитами, над которыми залегает двухметровый прослой известняка, хорошо прослеживающийся на электрокароттажных диаграммах (репер «фонарик»). Известняки буровато-серые, глинистые, с органогенным детритусом. Покрываются известняки аргиллитами, аналогичными нижележащим.

Как в нижних, так и в верхних аргиллитах встречены брахиоподы, криноидеи и другие группы фауны. Отсюда определены: Chonetes vorobjensis Ljasch., Chonetes sp., Atrypa ex gr. zonata Schnur, Ilmenia vorobjensis Ljasch. и др.

Вышеперечисленная фауна характерна для воробьевского горизонта центральных областей Русской платформы ([3,4]), что позволяет отнести включающие ее породы к воробьевскому горизонту. Воробьевский горизонт на Шкаповской площади развит только в центральной и юго-западной частях. На севере и северо-востоке он частично или полностью размыт.

Старооскольские слои $D_2^{2\,osk}$. В отложениях старооскольских слоев выделяется два цикла осадкообразования, что позволяет выделить два стратиграфических горизонта, соответствующих нижне- и верхнестарооскольским циклам центральных областей.

Нижний горизонт. В отложениях нижнего горизонта выделяются четыре литологические пачки:

а. Песчаная, сложенная в нижней части песчаниками — кварцевыми, грубо-зернистыми, плохо отсортированными, а в верхней части алевропесчаниками и алевролитами.

б. Аргиллитовая, сложенная темно-серыми, тонко-плитчатыми аргиллитами, содержащими характерную живетскую фауну брахиопод, остракод и других групп. Отсюда определены брахиоподы Lingula cf. miciformis Mikr., Productella ex gr. subaculeata Murch., Camarotoechia sp., Emanuella sp., Eoreticularia pseudopachyrincha Tschern., а также остракоды Costatia posneri Pol., Healdianella distincta Pol. и др.

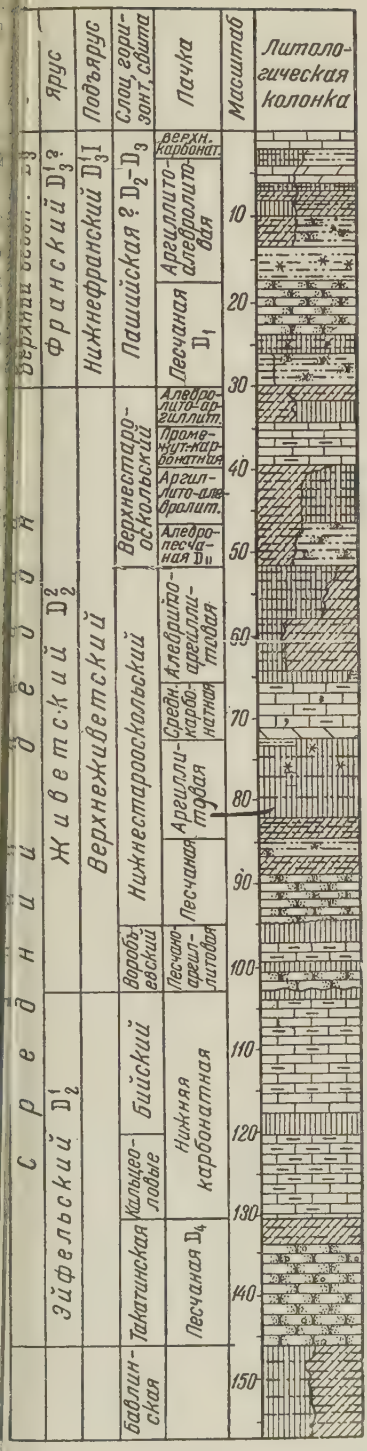
Эта фауна является характерной для старооскольского горизонта центральной части Русской платформы и верхнеживетских отложений Урала.

в. Известняковая пачка (средний известняк), сложенная известняками — серыми, неравномерно-глинистыми, микрокристаллическими, с органогенным детритусом. Известняки содержат несколько более богатую фауну, представленную в основном теми же группами. Здесь встречены брахиоподы Atrypa cf. zonata Schnur, Atrypa bifidaeformis Tschern., Eoreticularia pseudopachyrincha Tschern. и др. и остракоды Microcheilinella mandelstami Pol., Bairdia volaeformis Pol.

Указанная фауна характерна для верхнеживетских отложений Урала и старооскольских слоев центральной части Русской платформы ([4,6]).

г. Алевролито-аргиллитовая пачка представлена в нижней части серыми, глинистыми алевролитами, а в верхней темно-серыми, алевритистыми аргиллитами. Фауна представлена в основном лингулами, среди которых определена Lingula caetra Mikr. и др.

Мощность нижнего горизонта около 40—50 м.



I—III
IV—VI
VII
VIII—IX
X
XI
XII
XIII
XIV
XV
XVI
XVII
XVIII—XX
XXI—XXIV
XXV
XXVI
XXVII
XXVIII
XXIX

Литологическое описание. I. Известняки глинистые, микрозернистые; II. Алевролиты глинистые, известковистые; III. Мергели, переходящие в известняки; VI. Переслаивание алевролитов с аргиллитами; V. Алевро—песчаники и глинистые алевролиты; VI. Алевролиты глинистые зеленовато-серые со сферолитами сидерита; VII. Песчаники мелкозернистые бурого цвета, участками переходят в алевропесчаники; VIII. Аргиллиты серые с растительными остатками; IX. Алевро - песчаники по площади замещаются глинистыми алевролитами; X. Алевролиты буровато-серые, глинистые с перемятой текстурой и ходами илоедов; XI. Известняки серые, микрокристаллические, и неравномерноглинистые с фауной; XII. Аргиллиты темно-серые, алевритистые, переходят в глинистые алевролиты; XIII. Алевро-песчаники светло-серые, водоносные, местами замещаются глинистыми алевролитами; XIV. Аргиллиты темно-серые, алевритистые, замещаются глинистыми алевролитами; XV. Алевролиты глинистые, серые, с перемятой текстурой взмучивания; XVI. Известняки неравномерно-глинистые, микрокристаллические с органогенным детритусом; XVII. Аргиллиты темно-серые, тонкоплитчатые алевритистые с сидеритовыми желваками. В нижней части алевролиты глинистые; XVIII. Алевро-песчаники; XIX. Алевролиты глинистые: XX. Песчаники крупнозернистые с массивной текстурой, плохо отсортированные; XXI. Аргиллиты черные, тонкоплитчатые; XXII. Известняки глинистые с фауной: XXIII. Аргиллиты черные, буровато-желтые; XXIV. Песчаники грубозернисты; XXV. Известняки серые неравномерно-глинистые, микрокристаллические, участками перекристаллизованные с бугристыми поверхностями излома. В известняках наблюдаются вертикальные трещины и сутуростиллолитовые швы; XXVI. Известняки глинистые, буровато-серые, микрокристаллические, участками перекристаллизованные, трещиноватые; XXVII. Алевролиты глинистые: XXVIII. Песчаники грубозернистые, плохо отсортированные, с массивной текстурой; XXIX. Переслаивание темно-серых аргиллитов и зеленовато-серых алевролитов.

Фауна. I. Ilmenia tenuicosta Mikr.; III, Ilmenia ex gr. tenuicosta Mikr. XI. Stringocephalus burtini Defr. Atrypa pseudouralica Mikr., Ilmenia tenuicosta Mikr., Microchellinella mandelstami Pol.; XV. Lingu acaetra Mikr.; XVI-Atrypa zonata Schnur. Eoreticularina pseudopachyrincha Tschern., Mikrochellinellamandelstami Pol., Fairdia volaeformis Pol.; XVII. Lingulamiciformis Mikr., Eoreticularis pseudopachyrincha Tschern., Costatia posneri Pol., Healdianella distincta Pol. XXI—XXIV. Chonetes vorobjensis Ljasch., Ilmenia vorobjensis Ljasch., Plectovolotriletes tichonovitschi Dsch.; XXV. Strophеodonta uralensis Vern. Conchidiel a baschkirica Vern., C. pseudobaschkirica Tschern., Ilmenia ex gr. inflata Schnur, Cupressocrinus rossicus Antr., XXVI. Conchidiella cf. pseudo baschkirica Tschern., Cupressocrinus rossicuss Anthr., Bactrites sp.

Рис. 1. Литолого-стратиграфический разрез среднедевонских (и нижнефранских) отложений на Шкаповской площади

Верхний горизонт. В этом горизонте выделяются следующие четыре пачки.

а. Алевро-песчанистая (пласт $Д_П$), сложенная алевро-песчаниками светло-серого цвета, водоносными, местами замещающимися глинистыми алевролитами . . . . . Мощность ее от 0 до 8 м

б. Аргиллито-алевролитовая, сложенная аргиллитами темно-серого цвета алевритистыми, переходящими в глинистые буровато-серые алевролиты с перемятой волнистой слоистостью. Фауна представлена в основном лингулами. . . . . Мощность 6—10 м

в. Карбонатная, сложенная серыми, микро-кристаллическими, неравномерно-глинистыми известняками, содержащими большое количество раковин брахиопод и других групп . . . . . Мощность ее около 5 м

Этот известняк называется промежуточным и соответствует черному известняку Туймазов.

Отсюда определена следующая фауна: Stringocephalus ex gr. burtini Defr., Productella sp., Atrypa pseudouralica Mikr., Atrypa ex gr. douvillei Mans., Atrypa cf. bifidaeformis Tschern., Ilmenia tenuicosta Mirk., Emanuella sp. и др.

Л. Н. Егоровой определены остракоды Microcheilinella mandelstami Pol

М. Ф. Жарковой из отложений, относимых нами к верхнему горизонту в Туймазах определены споры зоны Petallodentitriletes (VI зона).

Находки в нескольких скважинах раковин Stringocephalus ex gr. burtini Defr. окончательно решают спорный вопрос о живетском возрасте промежуточного и соответствующего ему «черного» известняков ([5,7]).

г. Алевролито-аргиллитовая пачка, сложенная алевролитами буровато-серыми, глинистыми, с перемятой текстурой и ходами илоедов; в нижней части — аргиллиты. Мощность верхнего горизонта около 30 м.

Верхний отдел D_3
Франский ярус D_3^1

Пашийская свита $D_3^{1\,pasch}$. На алевролито-аргиллитовой пачке среднего девона залегает терригенная толща, условно относимая к пашийской свите. В нижней части она сложена песчаниками и алевролитами пласта $Д_1$, а в верхней алевролитами и аргиллитами с прослоями мергелей. В этой части разреза встречена фауна лингул и замковых брахиопод, а также остракод. Отсюда определены: Lingula caetra Mikr., Chonetipustula sp., Ilmenia tenuicosta Mikr., Emanuella sp. и др., сходные с формами, встреченными в «промежуточном» известняке.

Кыновский горизонт $D_3^{1\,kyn}$. Покрывается пашийская свита карбонатной пачкой, так называемым верхним известняком, который имеет мощность 2—3 м. Этот известняк большинством исследователей относится к основанию кыновской свиты, хотя характерной верхнедевонской фауны здесь не встречено. Отсюда определены: Schizophoria ex gr. striatula Schl., Atrypa cf. douvillei Mans., Atrypa pseudouralica Mikr., Ilmenia tenuicosta Mikr. и др., близкие к формам из «промежуточного известняка».

Типичные верхнедевонские формы Uchtospirifer ex gr. murchisonianus Vern. и др. встречены выше по разрезу в прослое известняка среди аргиллитов кыновской свиты.

Всесоюзный нефтегазовый
научно-исследовательский институт

Поступило
25 X 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Л. Н. Егорова, ДАН, 94, № 3 (1954). [2] А. И. Ляшенко, ДАН, 91, № 1 (1953). [3] А. И. Ляшенко, ДАН, 92, № 1 (1953). [4] А. И. Ляшенко, Бюлл. МОИП, отд. геол., 59, № 3 (1954). [5] М. Ф. Микрюков, Сборн. Брахиоподы девона Волго-Уральской области, ВНИГРИ, 1955. [6] Д. В. Наливкин, Пробл. сов. геол., № 4 (1937). [7] А. А. Рождественская, ДАН, 99, № 3 (1954).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ГЕОЛОГИЯ

Р. О. ХАЧАТРЯН

К ТЕКТОНИКЕ И ПАЛЕОЗОЙСКОЙ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СРЕДНЕВОЛЖСКОГО СВОДА

(Представлено академиком С. И. Мироновым 28 VI 1957)

Средневолжский * (Жигулевско-Пугачевский) свод как положительная структура первого порядка плиты Русской платформы был выделен по данным глубокого бурения А. А. Бакировым (1) и Н. Н. Форшем (7).

В современном геологическом строении Средневолжского свода выделяется несколько структурных этажей. Нижним структурным этажом является поверхность докембрийского кристаллического фундамента. По этой поверхности северный склон восточного продолжения свода прослеживается в 5—12 км севернее линии Красный Яр — Муханово и далее на восток параллельно течению р. М. Кинель, а южный склон (ориентировочно) — по направлению Сорочинкс — Пугачев. Описываемая часть свода сопряжена с севера Радаевской ** впадиной, выполненной протерозойскими и нижнепалеозойскими терригенными образованиями бавлинской свиты. Характер распространения отложений бавлинской свиты на территории Саратовской области и Башкирии позволяет считать, что с юга и востока свод опоясывается впадинами такого же типа.

Радаевская впадина разделяет Средневолжский и Татарский своды. На южном склоне последнего поверхность фундамента вскрыта на абсолютных глубинах 1700—2200 м, а в наиболее погруженной части этой впадины, по-видимому,—на глубинах более 3300 м, так как при забое около 3000 м (абс. отметка — 2830 м) скважина в Боровке, вскрыв породы бавлинской свиты мощностью 723 м, все еще не достигла фундамента.

При движении от осевой зоны этой впадины на юг к Муханову, Яблонке и Пилюгину поверхность фундамента воздымается и встречена скважинами на отметках — 2878, — 2905 м. Этот подъем поверхности фундамента соответствует северному склону Средневолжского свода в Заволжье. Учитывая, что мощность отложений бавлинской свиты в соседних районах достигает более 1000 м, амплитуда этой части свода по отношению к Радаевской впадине должна составлять не менее 300 м.

Западная половина свода, территориально приуроченная к Куйбышевско-Хвалынскому Поволжью, структурно занимает значительно более высокое положение по сравнению с восточной половиной, расположенной в Заволжье. Фундамент довольно спокойно погружается с запада (Сызрань — 150 м, Натальино — 1864 м) на восток (Покровка — 1992, —2118 м) и юго-восток (Красная Поляна — 2480 м). На участке Покровка — Красная Поляна отмечается увеличение угла наклона поверхности фундамента до 1°, что указывает на относительно ступенчатый переход западной, приподнятой к восточной, погруженной половине свода.

По осадочному чехлу отмечаются несколько отличные от ранее рассмотренных структурные соотношения. Это, в первую очередь, относится

* Хвалынский свод, по Н. Н. Форшу.
** Мелекесс — Радаевская, по А. А. Бакирову, М. Ф. Свищеву и др.

к восточному погружению Средневолжского свода и Радаевской впадине. Эти отличия связаны с тем, что южный склон Татарского свода, по девонским, а в частности по подошве пород франского яруса, приобретая более пологие формы, расширяет свои размеры по направлению к Сергиевскому и Бугурусланскому районам и территориально распространяется в пределы Радаевской впадины. Этот склон погружается неравномерно и становится более крутым южнее широты Сергиевска. Так, если на участке между Шугуровым (—1508 м) и Байтуганом (—1686 м) угол падения нижнефранских слоев составляет 0°14′, то на участке Байтуган — Похвистнево (—2211 м), примерно с таким же расстоянием в 50 км, 0°35′. В том же южном направлении от Похвистнево и Бугуруслана к Пилюгину (—2738 м) и Муханову (—2694, —2739 м) отмечается дальнейшее увеличение углов падения этих слоев до 1°25′; этому заметному, более крутому падению слоев соответствует борт Казанско-Сергиевской впадины, прослеживаемой в бассейне нижнего течения р. Самары. В результате указанного неравномерно-моноклинального погружения слоев Радаевская впадина не отображается в структурном плане по девонским отложениям, а на месте восточного продолжения Средневолжскоо свода располагается наиболее погруженная часть Казанско-Сергиевской впадины. В связи с этим размеры Средневолжского свода уменьшаются, причем граница его юго-восточного склона совпадает с упомянутым выше ступенчатым погружением слоев в районе Красной Поляны.

По каменноугольным отложениям тектоника описываемого региона по существу сохраняется прежней. Однако необходимо отметить, что по подошве отложений тульского и верейского горизонтов юго-восточный склон, изменяя несколько свою конфигурацию, отступает к западу, в район Покровки. Наряду с этим важно также подчеркнуть, что по каменноугольным, и, по-видимому, по девонским отложениям к востоку и северо-востоку от г. Бузулука происходит не погружение слоев, как это характерно, по всей вероятности, для поверхности фундамента, а наоборот их воздымание более чем на 300 м.

Из вышеизложенного вытекает, что восточному погружению Средневолжского свода по поверхности фундамента в структуре осадочного чехла соответствует южная депрессия Казанско-Сергиевской впадины * (рис. 1). Указанные структуры следует рассматривать как тектонические элементы внутренней, а не краевой, части плиты Русской платформы.

Разобранные структурные соотношения являются следствием неодинаковой истории тектонического развития западной и восточной частей Средневолжского свода.

Характер распределения отложений бавлинской свиты указывает на то, что в течение протерозойского и нижнепалеозойского времени Средневолжский свод представлял собой сушу и являлся источником сноса материала. На это в отношении восточной части свода впервые указал Ю. А. Притула ([5]). К началу среднедевонской эпохи были сформированы северный, восточный и южный склоны восточного погружения свода. С наступлением живетской трансгрессии моря эта часть свода была вовлечена в область погружения. На протяжении живетского и нижнефранского времени область наибольшего прогибания, с значениями мощностей соответствующих отложений 180 и 204 м, имела северо-восточное простирание и располагалась, главным образом, на территории Радаевской впадины. В пределах же восточного продолжения Средневолжского свода амплитуда прогибания была меньшей, что фиксируется значениями мощностей живетских (до 130 м) и нижнефранских (35—60 м) отложений. Такая же

---

* Генетически связывая заложение и начало формирования Казанско-Сергиевской впадины с движениями верхнекизеловского и сталиногорского времени, разобщивших Токмовский и Татарский своды, следует междуречье Самары и М. Кинеля считать юго-восточным продолжением этой впадины.

артина распределения мощностей наблюдается для средне- и верхнефранских отложений.

Сравнительный анализ мощностей (табл. 1) свидетельствует о том, что до фаменского века режим колебательных движений не изменялся, а Радаевская впадина и восточная половина Средневолжского свода развивались унаследованно.

В фаменский век области с относительно большими и малыми амплитудами прогибания приобретают северо-западные простирания. Область малыми амплитудами прогибания с мощностью фаменских отложений

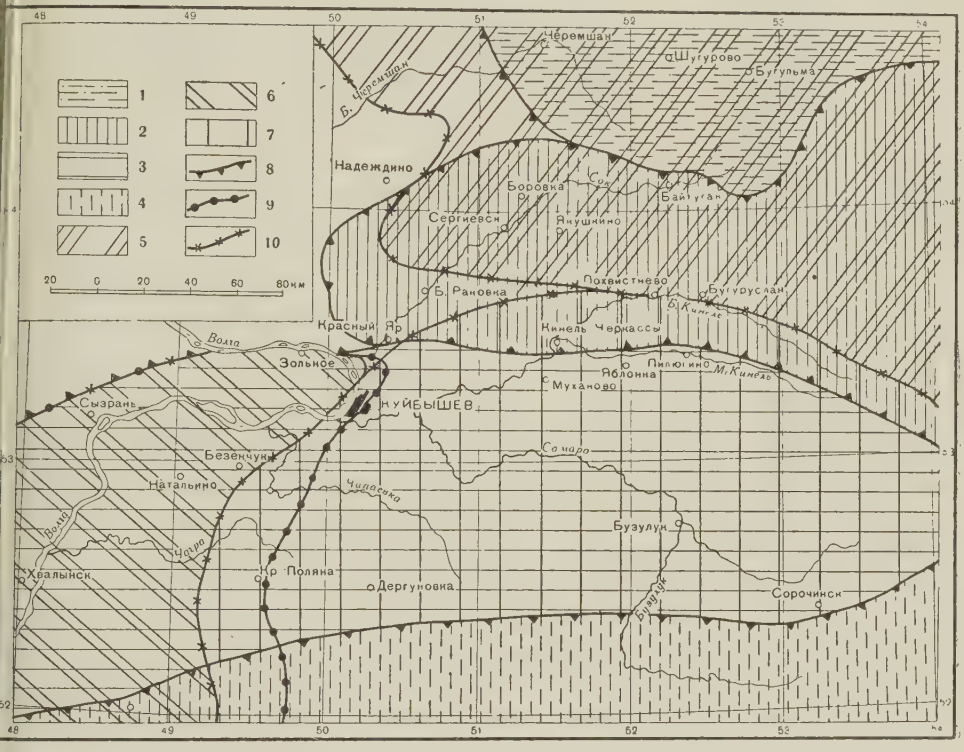


Рис. 1. Тектоническая карта восточной части Средневолжского свода и прилегающих районов. *1* — южный склон Татарского свода по фундаменту, *2* — Радаевская впадина, *3* — Средневолжский свод по фундаменту, *4* — зона развития додевонских отложений, *5* — южный склон Татарского свода по каменноугольным отложениям, *6* — Средневолжский свод по каменноугольным отложениям, *7* — южная депрессия Казанско-Сергиевской впадины по каменноугольным отложениям, *8* — границы сводов и впадин по фундаменту, *9* — то же по девонским отложениям, *10* — то же по каменноугольным отложениям

80—160 м занимает полосу Мелекесс — Муханово, шириной 50—70 км. В разрезе фаменских отложений этой полосы выявлен большой перерыв в осадконакоплении, охватывающий нижнефаменское и первую половину верхнефаменского времени и указывающий на усиленное развитие положительных движений. К северо-востоку и юго-западу от этой области располагаются области с большими амплитудами прогибания (200—360 м). Большая часть восточной половины Средневолжского свода располагается в пределах первой области и, испытывая воздымание, по кровле франского яруса занимает более высокое структурное положение, чем западное. Таким образом, в течение всего девонского периода этот тектонический элемент развивался как крупное сводовое поднятие.

В каменноугольный период режим колебательных движений изменился. В турнейский век восточная половина Средневолжского свода, в ос-

новном, была областью усиленного прогибания. К концу турнейского и началу ранневизейского времени Русская платформа испытала крупный подъем, в результате которого наступили регрессивные условия осадконако-

Таблица 1

№ скважины	Пункт	Мощность, м							
		D_2^{jlv}	$D_3^{fr_1}$	$D_3^{fr_2+3}$	D_3^{fam}	$C_1^t-C_1^{2h}$	$C_1^{ok}-C_1^{nm}$	C_2^{mosk}	C_s
13	Черемшан	147	60	218	302	70	218	348	177
7	Шугурово	156	111	160	332	84	233	300	187
24	Байтуган	172	129	189	358	93	290	306	176
1	Мелекесс	41	68	114	82	397	216	365	264
1	Надеждино	101	75	187	206	167	292	421	285
8	Боровка	180	118	195	326	103	328	412	234
3	Якушкино	176	93	224	351	102	305	411	253
15	Бугуруслан	150	35	225	319	95	332	377	157
18	Пилюгино	124	37	143	145	445	394	372	300
4	Яблонка	151	38	141	121	467	411	412	295
68	Муханово	149	52	130	106	448	394	475	326
1	Бузулук	—	—	—	—	255	536	474	282
4	Дергуновка	—	—	—	—	164	366	558	340
1	Красная Поляна	78	47	187	352	122	342	548	343
3	Покровка	0	0	59	327	96	354	504	314
65	Зольное	166	165	48	259	101	347	430	270
1	Безенчук	41	31	64	322	87	335	484	309

ления. На общем фоне этого подъема имела место дифференциация движений, обусловившая возникновение областей с противоположной тенденцией развития знака движений. Усиленное развитие такого режима движений наблюдалось во время накопления осадков верхнекизеловских (аналогов слоев с Productus sublaevis Kon.) слоев и сталиногорского горизонта. В течение этого времени, как указывает В. М. Познер ([4]), была сформирована Камско-Кинельская впадина, юго-восточное окончание которой приурочено к восточному продолжению Средневолжского свода и занимает водораздел рек Самара и М. Кинель. С этого времени начинается интенсивное погружение этой части свода, которая перестает развиваться как сводовое поднятие. С наступлением широкой трансгрессии визейского моря, начавшейся с тульского времени, в область погружения вовлекаются и западные участки этой части свода, находящиеся в междуречье Самары и Чапаевки. Одновременно с этим Радаевская впадина прекращает проявлять себя как отрицательная структура в верхнепалеозойском комплексе осадочных отложений, а ее территория соответствует зоне перехода от области с относительно большими амплитудами прогибания (восточное продолжение Средневолжского свода) к области с малыми амплитудами прогибания (Татарский свод).

Восточная часть Средневолжкого свода усиленно прогибалась в течение визейского и намюрского веков, а также в средне- и верхнекаменноугольную эпохи и в пермский период, причем в погружение вовлекались его более восточные, и в особенности западные участки. В итоге такого унаследованного с начала каменноугольного периода развития восточная часть Средневолжского свода глубоко погрузилась под мощную толщу отложений верхнего палеозоя, выполняющих южную депрессию Казанско-Сергиевской впадины. Поэтому древние контуры свода по девонским отложениям не совпадают с современным его очертанием.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. А. Бакиров, Тр. Акад. нефт. пром., в 1, 3 (1954). [2] А. Н. Мустафинов, Нефт. хоз., № 1, 49 (1956). [3] В. Д. Наливкин, Л. Н. Розанов и др. Тр. ВНИГРИ, нов. сер., в. 100 (1956). [4] В. М. Познер, ДАН, **104**, № 6, 892 (1955). [5] Ю. А. Притула, Геол. сборн., **3** (4), 185 (1955). [6] М. Ф. Свищев, А. Г. Татаринов, Нефт. хоз., № 12, 40 (1955). [7] Н. Н. Форш, Тр. ВНИГРИ, нов. сер., в. 77 (1953).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ГЕОЛОГИЯ

С. М. ШИК

О САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ МОСКОВСКОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ

(Представлена академиком В. Н. Сукачевым 12 VI 1957)

Вопрос о самостоятельности московского оледенения на протяжении последних десяти лет, прошедших после опубликования известной работы А. И. Москвитина ([4]), вызывает горячие споры среди ученых, изучающих четвертичный период. При этом сторонники самостоятельности московского оледенения основываются, главным образом, на геологических и геоморфологических наблюдениях. Исследователи, которые отрицают самостоятельность московского оледенения, опираются в основном на палеоботанические данные, так как все описанные до сих пор в литературе палеоботанически изученные разрезы озерно-болотных отложений, залегающих между днепровской и московской моренами, содержат очень небольшое количество пыльцы широколиственных пород и, по мнению большинства палеоботаников, имеют межстадиальный, а не межледниковый характер.

Материалы, полученные в последние годы Геологическим управлением центральных районов при изучении четвертичных отложений Смоленской обл., позволяют разрешить это противоречие между геологическими и палеоботаническими данными, препятствовавшее до сих пор однозначному решению вопроса о самостоятельности московского оледенения.

Как показывают многочисленные буровые скважины, в центральной части Смоленской обл., в бассейнах Верхнего Днепра и Верхней Десны развиты три горизонта морен. Из них два верхних имеют почти повсеместное распространение, а нижний сохранился главным образом в погребенных доледниковых долинах, хорошо вырисовывающихся на геологических разрезах (рис. 1). Нередко эти морены разделяются и покрываются озерно-болотными отложениями, которые за последние годы более чем в 20 пунктах палеоботанически изучены (по образцам из кернового материала) В. Н. Сукачевым, В. П. Гричуком, Н. Я. и С. В. Кац, Е. Д. Заклинской, Л. А. Юшко, М. А. Недошивиной и другими исследователями.

Пыльцевые диаграммы межледниковых отложений, залегающих над верхней мореной (или прислоняющихся к ней), обладают всеми признаками, характерными для микулинских (днепровско-валдайских) межледниковых отложений ([2]). Палеоботаническое изучение межледниковых отложений, залегающих между нижней и средней моренами, доказывает принадлежность их к лихвинскому межледниковью. Таким образом, нижняя из трех развитых здесь морен несомненно относится к окскому оледенению, а средняя и верхняя — к днепровскому и московскому оледенениям.

Между днепровской и московской моренами в окрестностях г. Рославля (д. Кириллы, пос. Подруднянский) и в Семлевском районе Смоленской обл. (дд. Максименки и Беломир) обнаружены и палеоботанически изучены озерно-болотные отложения, которые дают однотипные пыльцевые диаграммы несомненно межледникового типа, резко отличающиеся от диаграмм лихвинского и микулинского межледниковий. Условия за-

легания этих озерно-болотных отложений видны на прилагаемых геологических профилях (рис. 1); описания разрезов скважин в д. Кириллах и пос. Подруднянском, сделанные автором настоящей статьи, опубликованы Д. И. Погуляевым ([6]).

Наиболее полно историю развития растительности в днепровско-московское время удается проследить в разрезе у пос. Подруднянского, палеоботанически изученном В. П. Гричуком. Пыльцевая диаграмма этого

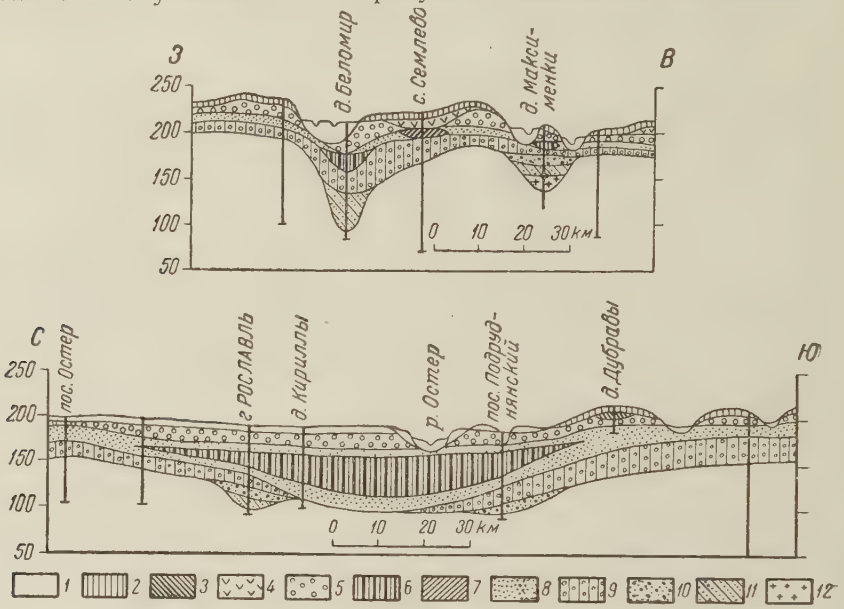


Рис. 1. Геологические разрезы четвертичных отложений у пос. Семлево и г. Рославля: *1* — современный и древний аллювий; *2* — покровные лессовидные суглинки; *3* — микулинские межледниковые отложения: *4* — водно-ледниковые отложения, покрывающие московскую морену; *5* — московская морена; *6* — днепровско-московские (одинцовские) межледниковые отложения; *7* — отложения межстадиального типа, залегающие между днепровской и московской моренами; *8* — водно-ледниковые отложения, разделяющие днепровскую и московскую морены; *9* — днепровская морена; *10* — водно-ледниковые отложения, разделяющие окскую и днепровскую морены; *11* — окская морена: *12* — водно-ледниковые отложения, подстилающие окскую морену

разреза приведена на рис. 2. Для нее характерно наличие в нижней части максимума ели (до 55%), а выше — максимума широколиственных пород (более 50%), представленных только породами смешанного дубового леса (главным образом дубом и вязом). Граб и пихта совершенно отсутствуют; орешника очень мало (до 10% от суммы древесных пород). Затем широколиственные породы сменяются березой и сосной, а в верхней части разреза намечается второй максимум широколиственных пород (до 30%), среди которых также нет граба.

Совершенно аналогичную пыльцевую диаграмму дают и озерные отложения из скважины в д. Кириллы, также палеоботанически изученные В. П. Гричуком. Эта скважина находится в 12 км от пос. Подруднянского и, по-видимому, вскрывает ту же озерную линзу (рис. 1).

Очень сходная картина развития растительности наблюдается и в разрезах дд. Максименки и Беломира; первый из них палеоботанически изучен Г. М. Братцевой под руководством В. П. Гричука, а второй — Л. А. Юшко. На пыльцевых диаграммах этих разрезов (рис. 3 и 4) также наблюдается замкнутый максимум широколиственных пород (до 70%), представленных почти исключительно дубом, вязом и липой (содержание граба не превышает 3%). Однако второй максимум широколиственных

пород здесь отсутствует,— по-видимому, вторая половина межледниковой эпохи в разрезе не представлена.

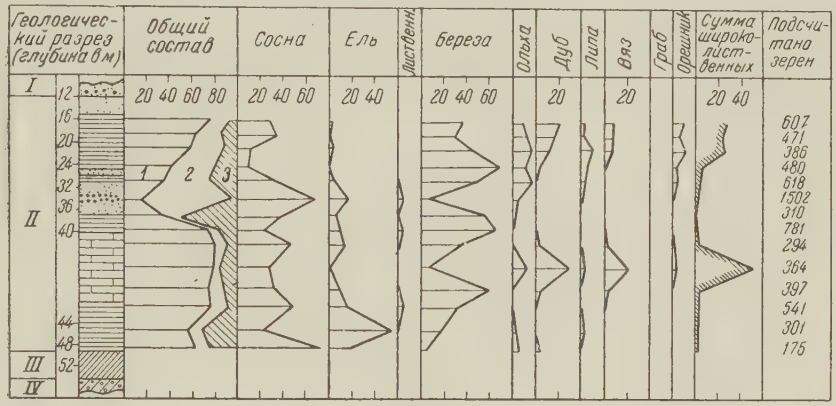


Рис. 2. Пыльцевая диаграмма днепровско-московских межледниковых отложений, вскрытых скважиной в пос. Подруднянском, Рославльского района, Смоленской обл. Анализ произведен В. П. Гричуком. *I* — современный аллювий (песок с галькой); *II* — днепровско-московские межледниковые отложения (озерные суглинки с прослоями песка и мергеля); *III* — озерно-ледниковые отложения (ленточные глины); *IV* — днепровская морена. Общий состав: *1* — древесная пыльца; *2* — споры; *3* — недревесная пыльца

Очевидно, отложения Подруднянского, Кирилл, Максименки и Беломира представляют собой типичные межледниковые образования днепровско-московского (одинцовского) времени, до сих пор не описанные в лите-

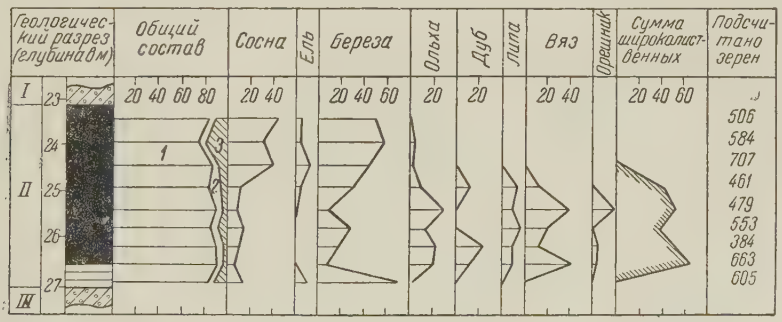


Рис. 3. Пыльцевая диаграмма днепровско-московских межледниковых отложений, вскрытых скважиной в дер. Максименки, Семлевского района, Смоленской обл, Анализ произведен Г. М. Братцевой под руководством В. П. Гричука. *I* — московская морена; *II* — днепровско-московские межледниковые отложения (торф, в нижней части — озерный суглинок); *III* — днепровская морена. Общий состав: *1* — древесная пыльца; *2* — споры; *3* — недревесная пыльца

ратуре. Их открытие дает определенные палеоботанические доказательства самостоятельности московского оледенения.

При этом оказывается, что днепровско-московское (одинцовское) межледниковье не было прохладным, как предполагали ранее даже сторонники самостоятельности московского оледенения. Очевидно, по своим термическим условиям оно не уступало лихвинскому и микулинскому межледниковьям, но в период климатического оптимума отличалось значительно большей сухостью (отсутствие граба).

Помимо описанных межледниковых отложений, между днепровской и московской моренами в Смоленской обл. встречены озерно-болотные образования, в которых на протяжении всего разреза преобладает пыльца

сосны, а пыльца широколиственных пород (дуба и липы) присутствует в количестве не более 5—8%. Аналогичные озерно-болотные отложения описаны в литературе у с. Ильинского в Можайском районе ([1]), в окрестностях г. Суража ([8]), в Белоруссии ([3]) и в других пунктах. Вероятно, эти отложения также относятся к днепровско-московскому (одинцовскому) межледниковью, но не охватывают периода климатического оптимума.

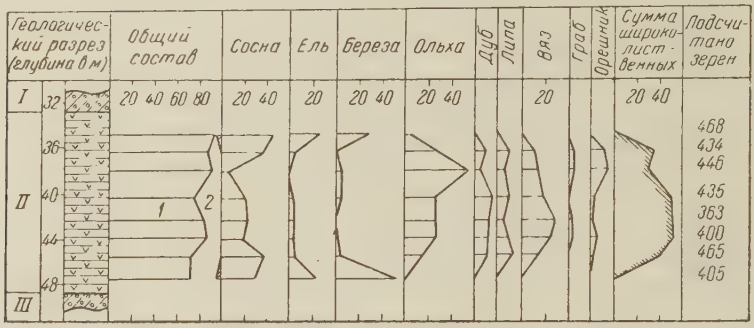


Рис. 4. Пыльцевая диаграмма днепровско-московских межледниковых отложений, вскрытых скважиной в д. Беломир, Семлевского района, Смоленской обл. Анализ произведен Л. А. Юшко. *I* — московская морена; *II* — днепровско-московские межледниковые отложения (торфянистый суглинок); *III* — днепровская морена. Общий состав: *1* — древесная пыльца; *2* — споры

По-видимому, днепровско-московские межледниковые отложения, аналогичные отложениям Подруднянского, Кирилл, Максименки и Беломира, были известны и раньше в некоторых пунктах, где из-за недостаточно ясных условий залегания не могло быть установлено их истинное стратиграфическое положение. Вероятно, одним из таких разрезов является знаменитое Троицкое обнажение, палеоботанически изученное В. Н. Сукачевым ([7]), которое одни исследователи ([5]) относят к лихвинскому, а другие ([2]) — к микулинскому межледниковьям. По характеру пыльцевой диаграммы и составу флоры Троицкий разрез резко отличается от типичных разрезов лихвинского и микулинского времени, но очень близок к описанным выше разрезам Подруднянского, Максименки и Беломира: в нем также наблюдаются два максимума пыльцы широколиственных пород, представленных дубом и липой, при почти полном отсутствии пыльцы граба и пихты и очень небольшом содержании пыльцы орешника.

Возможно, что в днепровско-московское время образовались и некоторые другие межледниковые отложения, вопрос о стратиграфическом положении которых до последнего времени остается дискуссионным (Гамарня в Польше, Леринген и Обер-Оё в Германии, Старуп в Ютландии и др.).

Автор пользуется случаем выразить глубокую признательность за большую помощь в работе А. И. Москвитину и В. П. Гричуку, советами которых он неоднократно пользовался в процессе обработки и обобщения материала.

Геологическое управление центральных районов
Министерства геологии и охраны недр СССР

Поступило
12 VI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. П. Гричук, Тр. Географич. ст. Красновидово, 1948. [2] В. П. Гричук, Тр. Географич. инст. АН СССР, 16 (1950). [3] Н. А. Махнач, Тр. Регионального совещания по изуч. четв. отл. Прибалтики и Белоруссии. Научн. сообщ. Инст. геологии и географии АН ЛитССР, 4, 117—138 (1957). [4] А. Е. Москвитин, Бюлл. МОИП, отд. геол., 21, № 4 (1946). [5] А. И. Москвитин, Бюлл. Ком. по изуч. четв. пер., № 13 (1948). [6] Д. И. Погуляев, Уч. зап. Смоленск. пед. инст., в. 3 (1956). [7] В. Н. Сукачев, ДАН, № 5 (1928). [8] Н. С. Чеботарева, Вопросы географии, сборн. 12 (1949).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ПЕТРОГРАФИЯ

М. Н. ДОБРОХОТОВ

О ПЛАГИОГРАНИТАХ, ПРОРЫВАЮЩИХ КРИВОРОЖСКУЮ СЕРИЮ В КРЕМЕНЧУГСКОМ РАЙОНЕ

(Представлено академиком А. Г. Бетехтиным 4 VII 1957)

В геологическом строении района Кременчугской магнитной аномалии сравнительно большую роль играют различные гранитоидные породы. Детальное изучение этих пород установило среди них несколько типов.

Наиболее развиты в районе древние серые плагиоклазовые граниты и гранодиориты, известные в литературе под названием кременчугских. Эти гранитоидные породы широко развиты в окрестностях г. Кременчуга, они очень хорошо проявлены и в многочисленных обнажениях по Днепру, ниже Кременчуга. Изучение кременчугских гранодиоритов и плагиогранитов позволяет рассматривать их как составную часть кировоградского интрузивного комплекса, выделенного и описанного Ю. И. Половинкиной ([1]) и относящегося предположительно к нижнему архею. Их можно, по-видимому, аналогизировать с так называемыми саксаганскими плагиогранитами, развитыми в Криворожье, проходящими вдоль восточного борта криворожского синклинория и подстилающими не только криворожскую серию, но и серию более древних метабазитов.

Помимо древних кременчугских гранодиоритов и плагиогранитов на площади Кременчугской магнитной аномалии установлено развитие и молодых гранитов, прорывающих породы криворожской серии. Среди этих пород главенствующая роль принадлежит опять-таки плагиоклазовым гранитам, существенно отличающимся, однако, по минералогическим и химическим особенностям от древних плагиогранитов кировоградского интрузивного комплекса — кременчугских и саксаганских. Этим молодым плагиоклазовым гранитам нами присвоено название галещинских. Незначительную роль среди молодых гранитов играют розовые микроклиновые разности. Они вполне аналогичны так называемым днепровским гранитам других районов Среднего Приднепровья.

Из всех перечисленных выше различных гранитоидных пород наибольший интерес представляют галещинские плагиограниты, так как до сего времени ни в Криворожском бассейне, ни в других районах не были установлены и описаны случаи прорывания плагиогранитами пород криворожской серии.

В пределах Кременчугской магнитной аномалии галещинские плагиограниты установлены на всех обследовавшихся участках. Они образуют сравнительно крупную интрузию, вытянутую в субмеридиональном направлении и имеющую ширину 3—4 км. Эта интрузия ограничивает с востока распространение пород криворожской серии. На Галещинском участке молодые плагиограниты протягиваются вдоль восточного крыла галещинского синклинала, подстилая породы криворожской серии. Они слагают также центральную часть южно-галещинского антиклинала. Здесь вполне отчетливо виден интрузивный характер контакта гранитов с метаморфическими породами криворожской серии. Граниты, внедрившиеся в

ядро антиклинала, прорывают песчано-филлитовую нижнюю свиту, а также нижние горизонты средней свиты. В отдельных скважинах здесь наблюдается смена и перемежаемость неизменных разностей сланцев, инъецированных сланцев и мигматитов. На Горишни-Плавнинском участке галещинские плагиограниты внедрились в метабазиты, подстилающие криворожскую серию.

Изучение керновых материалов Правобережной экспедиции показало, что полоса галещинских плагиогранитов прослеживается и на Правобережье. В таких же условиях, как и в Кременчугском районе, эти породы проявлены на Успенском, Млынковском, Николаевском и Попельнастовском участках правобережных аномалий. На всех этих участках галещинские границы протягиваются вдоль восточного контакта пород криворожской серии. На Млынковском и Николаевском участках галещинские граниты и их мигматиты образуют еще и ряд мелких интрузий среди пород криворожской серии.

По внешнему виду галещинские плагиограниты представляют собою серые среднезернистые породы, преимущественно массивной текстуры, лишь иногда в них наблюдается неясно выраженная гнейсовая текстура, связанная с явлениями катаклаза.

Под микроскопом они характеризуются гипидиоморфнозернистой структурой, незначительным содержанием темноцветных минералов и резким преобладанием плагиоклаза над калиевым полевым шпатом.

По данным измерений в шлифах, выполненных В. И. Полищук, минералогический состав описываемых гранитов определяется приблизительно (в процентах): плагиоклаз 50—75; кварц 20—35; биотит 3 — 8; мусковит 2—5; хлорит 2—3; эпидот, апатит — единичные зерна.

Плагиоклаз преимущественно в таблитчатых тонкосдвойникованных кристаллах, в катаклазированных гранитах он нередко присутствует в виде неправильных раздробленных зерен. Иногда сильно серицитизирован. Относится к альбит-олигоклазу (12—16 An). Биотит образует удлиненные чешуйки и таблицы, плеохроирующие в буровато-зеленых цветах. Часто обнаруживает замещение хлоритом и эпидотом. Микроклин почти полностью отсутствует. Лишь иногда он встречается в породе в виде ксеноморфных неправильных зерен с пересекающейся двойниковой решеткой или в виде реакционных каемок вокруг таблитчатых кристаллов плагиоклаза. Химический состав галещинских плагиогранитов освещается результатами анализа трех более или менее типичных образцов этих пород (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав галещинских плагиогранитов

Окисел	Образец № 611		Образец № 612		Образец № 614	
	вес. %	мол. кол.	вес. %	мол. кол.	вес. %	мол. кол.
SiO_2	73,29	1220	73,51	1224	74,00	1232
TiO_2	0,11	1	0,20	3	0,08	1
Al_2O_3	15,59	153	15,40	151	15,31	150
Fe_2O_3	0,03	—	0,24	1	0,21	1
FeO	1,83	25	1,36	19	1,25	17
MnO	0,02	—	0,02	—	0,02	—
MgO	1,11	27	0,86	21	1,17	29
CaO	1,04	18	2,90	52	1,81	32
Na_2O	3,84	62	4,67	75	4,65	75
K_2O	1,95	20	0,70	7	0,54	5
H_2O+	1,20	67	0,60	33	0,76	42
Сумма	100,01	1554	100,46	1586	99,80	1584

Интрузии плагиогранитов сопровождались сильнейшей гранитизацией вмещающих пород. Об этом можно судить по широкому развитию мигматитов плагиогранитов.

Мигматиты плагиоклазовых гранитов пространственно трудно отделимы от самих плагиогранитов. Они встречаются часто совместно с плагиогранитами и характеризуются наличием постепенных переходов к плагиогранитам. С точки зрения петрографического состава они очень разнообразны и являют собою все переходы от инъецированных слюдяных сланцев и гнейсов к гибридным гранитоидным породам. Общим их при-

каком является наличие в их составе плагиоклаза в качестве главного породообразующего минерала и почти полное отсутствие калиевого полевого шпата.

Возникновение мигматитов происходило за счет магматической переработки различных пород. В ядре южно-галещинского антиклинала они образовались, в основном, за счет пород криворожской серии. В восточном крыле галещинского синклинала они возникли, по-видимому, за счет магматической переработки амфиболитов, располагавшихся ранее в основании криворожской серии.

В тесной ассоциации с галещинскими плагиогранитами нередко устанавливаются розовые аплитовидные граниты, а местами светло-серые граниt-аплиты и пегматиты. Все эти породы образуют среди галещинских плагиогранитов и их мигматитов жильные тела различной мощности. Эти же породы в виде жил установлены и среди аркозовых песчаников и филлитов нижней свиты криворожской серии. На парагенетическую связь этих жильных пород с галещинскими плагиогранитами указывает то, что калиевой шпат в жильных породах преимущественно плагиоклаз (альбит), а не микроклин.

Прожилки и обособления микроклиновых гранитов, развивающиеся иногда среди мигматитов галещинских плагиогранитов, необходимо связывать, очевидно, уже с интрузиями днепровских гранитов. Внедрение этих гранитов в мигматиты плагиогранитов привело к образованию на отдельных участках полимигматитов.

Галещинские плагиограниты представляют собой весьма характерные образования. Они существенно отличаются от кременчугских плагиогранитов, входящих в древний интрузивный комплекс, более высоким содержанием кремнезема и меньшим содержанием извести. Эти различия в химическом составе объясняются в общем тем, что в галещинских гранитах плагиоклаз представлен более кислой разностью, чем в кременчугских плагиогранитах. Кроме того, галещинские плагиограниты характеризуются более высоким содержанием кварца.

По особенностям минералогического и химического состава галещинские плагиограниты не могут ставиться в один ряд и с так называемыми саксаганскими гранитами. Последние проявляют тождественность с древними кременчугскими плагиогранитами и отличаются от галещинских плагиогранитов как меньшей кислотностью, так и большим содержанием извести.

Галещинские плагиограниты в настоящее время могут, очевидно, сопоставляться лишь с плагиоклазовыми гранитами района Верховцева и района Конки, для которых установлен их более молодой возраст по отношению к приднепровской серии метабазитов. О наличии молодых плагиоклазовых гранитов в районе Верховцево и Конки имеются указания у Ю. И. Половинкиной ([2]) и А. А. Настенко.

Возможно, что галещинские плагиограниты идентичны и светло-серым аплитовидным плагиоклазовым гранитам, известным в ряде мест к востоку от Криворожского бассейна. Однако такие сопоставления в настоящее время затруднены, ввиду малой изученности аплитовидных гранитов. На геологической карте масштаба 1 : 200 000 южной части Криворожья эти аплитовидные плагиограниты отнесены к кировоградскому интрузивному комплексу.

Возможно, наконец, что к молодым плагиогранитам Кременчугского района принадлежат и так называемые дериевские граниты, выделенные в свое время Н. П. Семененко ([3]) в гранитных карьерах близ с. Дериевки и рассматриваемые им как более молодые по сравнению с породами криворожской серии. Однако сопоставление галещинских и дериевских гранитов тоже затруднено, вследствие недостаточной изученности последних.

Описанные выше галещинские плагиограниты должны быть отнесены к днепровскому интрузивному комплексу. Понятие об этом комплексе,

естественно, должно быть расширено. К этому комплексу надлежит, оче
видно, относить все интрузивные породы, внедрившиеся в Криворожско
Кременчугскую подвижную зону в течение орогенного этапа ее развития
а не только днепровские и токовские граниты.

Анализ имеющихся данных явно указывает на то, что внедрение га
лещинских плагиогранитов предшествовало внедрению днепровских ми
роклиновых гранитов и соответствовало, вероятно, раннему этапу разви
тия Криворожско-Кременчугской зоны. Скорее всего, интрузии плагио
гранитов происходили одновременно со складчатостью и, в общем, соот
ветствовали во времени завершению геосинклинального этапа развити
подвижной зоны. В пользу такого предположения говорит то, что масси
плагиогранитов представляют собою вытянутые в субмеридионально
направлении тела, параллельные простиранию пород криворожской серии
Как видно из данных геологического картирования, внедрение галещин
ских плагиогранитов происходило преимущественно по контакту поро
криворожской серии с нижезалегающими метабазитами или между мета
базитами и древним кристаллическим субстратом.

Дальнейшие работы должны показать, насколько широко развит
рассматриваемые плагиограниты на остальной территории верхнеархей
ской или нижнепротерозойской складчатой области Украинского кристал
лического щита, т. е. области распространения приднепровских метаба
зитов и пород криворожской серии, охватывающей Криворожско-Кремен
чугскую полосу и район Приднепровских магнитных аномалий (Верхов
цево, Суру, Чертомлык, Конку, М. Белозерку и др.).

Поступило
4 VII 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Ю. И. Половинкина, Тр. ВСЕГЕИ, 1 (1954). [2] Ю. И. Половинкина, ВСЕГЕИ, Информ. сборн. № 1, 1955. [3] Н. П. Семененко, Структура кристалли
ческого массива Среднего Приднепровья, Изд. АН УССР, 1949.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117,№ 2

ПЕТРОГРАФИЯ

А. У. ЛИТВИНЕНКО

О РАЗМЫВАХ РУДНЫХ ПЛАСТОВ КЕРЧЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(Представлено академиком Н. М. Страховым 5 VII 1957)

Исследованиями Керченского п-ова ([1–4]) уже давно установлена приуроченность киммерийских отложений к девяти синклинальным складкам — мульдам северной и восточной его части — Акманской, Чегене-Акташской, Керченской (Катерлезской), Кезенской, Баксинской, Оссовинской, Камыш-Бурунской, Эльтиген-Ортельской и Кыз-Аульской. Одновременно были обнаружены отдельные изолированные выходы («останцы») киммерийских отложений и в ряде других пунктов в северной и восточной частях Керченского п-ова за пределами названных мульд. Они зафиксированы у сс. Айманкую и Маяк, южнее с. Чокула, севернее с. Биюк-Тархана, в центральной части «вдавленности» антиклинали в районе б. Солдатской слободки, наконец, киммерийские образования констатированы в выбросах Ново-Шепетовской сопки. Указанные местонахождения киммерийских отложений, как отмечалось А. Г. Эберзиным ([4]), свидетельствуют о том, что эти отложения были развиты ранее на значительно большей площади Керченского п-ова, чем это наблюдается в настоящее время.

В связи с этим представляет интерес выяснение вопроса о степени сохранности приуроченных к названным выше девяти мульдам рудных залежей, о первоначальной распространенности рудных отложений на Керченском п-ове.

Накопленный к настоящему времени фактический материал дает основание утверждать, что разведанные на Керченском п-ове рудные залежи не отражают первоначального распространения руд и условий их залегания. В результате проявления тектонических движений, которые в отдельные периоды были дифференциальными (например, в четвертичное время, а также имели место, несомненно, и ранее), условия залегания рудных осадков существенно изменены. Об этом свидетельствуют многие факты. Главными из них являются: высокое гипсометрическое положение почвы рудных пластов в некоторых участках отдельных мульд — до 70—92 м над уровнем моря; большое погружение местами рудных пластов, достигающее от 120 м (Акманайская мульда) до 250 м (Чегене-Акташская мульда) ниже уровня моря; погружение четвертичных отложений в отдельных участках мульд на глубину до 70 м ниже уровня моря (Чегене-Акташская мульда); высокие значения амплитуд колебания отметок почвы рудных залежей как для всего Керченского месторождения (до 342 м), так и для отдельных залежей (Кыз-Аульская 82 м, Керченская 167 м, Чегене-Акташская 280 м); неодинаковые, иногда весьма значительные углы падения рудных пластов, колеблющиеся от 1—3° в центральной части мульд до 6—17° и более в их периферических зонах; следы неоднократного размыва рудных пластов.

В районе Керченского месторождения, как и на всей территории Приазовского железорудного бассейна, неоднократно проявлялись тектонические движения. Многократные, в отдельные эпохи третичного времени довольно интенсивные колебательные движения земной коры изменяли физико-географические условия района, нарушали первоначальные условия залегания осадков, обусловливали их размыв. Один из интенсивных размывов предшествовал отложению киммерийских рудоносных отложений.

Сформированная в докиммерийское время своеобразная, носящая характер брахискладчатости структура Керченского п-ва, предкиммерийский размыв антиклинальных складок и частично крыльев синклиналей, а также последующая трансгрессия моря обусловили своеобразие залегания киммерийских отложений, перекрывающих в центральной части мульд понтические отложения, а на их периферии меотические, верхне- и непосредственно среднесарматские отложения. Этот размыв захватил и другие районы рудного бассейна, о чем свидетельствует залегание киммерийских отложений на Таманском п-ове на размытой поверхности понтических, меотических, сарматских, средиземноморских и меловых (?) отложений (4); в Северном Приазовье — на понтических, меотических, сарматских, средиземноморских, а в отдельных пунктах непосредственно на докембрийских кристаллических породах. В среднекиммерийское время, в период формирования на Керченском п-ове рудных осадков, в результате проявления колебательных движений земной поверхности, происходил размыв железистых образований в прибрежных участках киммерийского моря, вынос из них тонкого глинистого материала и переотложение, дробление и полировка оолитов, накопление местами переотложенных оолитов и их обломков в виде линзовидных прослойков, крупных линз (иногда мощностью до 4—5 м) руд, характеризующихся незначительным или ничтожным количеством цемента («икряные» руды). При этом часть оолитов уносилась несколько далее от берега и накапливалась в рудном пласте, обогащая железом рудные осадки, почему мы и наблюдаем в «коричневых» и «табачных» рудах наряду с аутохтонными оолитами большее или меньшее количество переотложенных оолитов и их обломков. Размыв рудных осадков на Керченском п-ове и в других районах бассейна имел место и после сформирования рудных пластов. Об этом свидетельствуют: стратиграфически несогласное залегание верхнекиммерийских отложений на рудном пласте некоторых мульд; фиксируемое на многих построенных нами профилях текстурных разновидностей руд и геохимических профилях керченских залежей — «срезание» верхних пачек рудного пласта слоем песка с переотложенными оолитами; наличие прослоек песка с переотложенными оолитами среди верхнекиммерийских песчано-глинистых отложений (Эльтиген-Ортельская и Кыз-Аульская мульды); неровная поверхность сохранившихся в мульдах рудных залежей; наличие врезанных в рудные залежи древних балок, полностью выполненных впоследствии четвертичными отложениями (Эльтиген-Ортельская мульда); весьма извилистые контуры некоторых рудных залежей при отсутствии в их почве на крыльях мульд сколько-нибудь значительных поднятий или депрессий; залегание у с. Акманай куяльницких песчаных глин с известковыми гальками непосредственно на нижнекиммерийских песках с рудными оолитами (4); присутствие в почве куяльницких отложений песков с прослойками микроконгломератов, отдельные гальки которых представлены бурым железняком (у с. Веселовки Краснодарского края) (5); присутствие в акчагыльских слоях на Таманском п-ове окатанных раковин киммерийского яруса (6).

Сказанное о процессах размыва особенно наглядно иллюстрируется на примере Эльтиген-Ортельской мульды. Наблюдаемая здесь в настоящее время рудная залежь представляет лишь часть первоначальной рудной залежи, северо-западный и особенно западный и юго-восточный края

которой после сформирования рудного пласта были размыты на значительной площади (рис. 1).

Следует отметить, что во многих железорудных мульдах Керченского п-ова (Камыш-Бурунская, Кыз-Аульская, Оссовинская, Чегене-Акташская и Акманайская), в отдельных их участках, а также в западной части Таманского п-ова происходит размыв рудных залежей морем и в

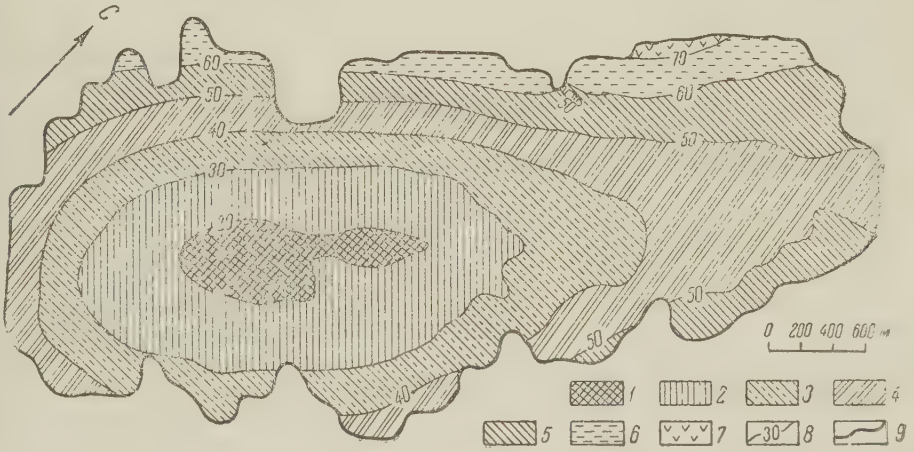


Рис. 1. Гипсометрическая карта почвы рудной залежи Эльтиген-Ортельской мульды. *1* — ниже 20 м над у. м., *2* — 20—30 м, *3* — 30—40 м, *4* — 40—50 м, *5* — 50—60 м, *6* — 60—70 м, *7* — выше 70 м, *8* — горизонтали, *9* — контур современной рудной залежи

настоящее время. В результате этого рудное вещество рассеивается в современных морских песчано-глинистых осадках так же, как оно рассеивалось в периоды более древних неоднократных размывов рудных пластов.

При изучении железорудного бассейна все отмеченные выше факты о размывах имеют существенное значение, главным образом, по двум причинам. Во-первых, они свидетельствуют о том, что известные в настоящее время рудоносные площади составляют лишь часть площадей, на которых фактически происходило накопление рудных отложений, и, следовательно, масштабы железонакопления в киммерийское время были еще более крупными, о чем можно судить по сохранившимся к настоящему времени залежам. Во-вторых, они позволяют объяснить некоторые особенности распределения текстурно-структурных и минералогических разновидностей руд в пределах сохранившейся части рудных залежей, так как на отдельных участках месторождения некоторые разновидности руд оказались либо размытыми полностью, либо сохранились лишь частично, в то время как на других участках рудный пласт после своего сформирования сохранил полную мощность и строение.

Днепропетровский государственный университет

Поступило
1 VII 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Н. И. Андрусов, Материалы по геологии России, 1893, стр 162. [2] А. Д. Архангельский, А. А. Блохин, С. С. Осипов, Тр. Главн. геол.-развед. управл., в. 13 (1930). [3] С. В. Константов и др., Тр. Всесоюзн. геол.-развед. объедин., в. 325 (1933). [4] А. Г. Эберзин, Стратиграфия СССР, неоген СССР, 12, 1940. [5] И. М. Губкин, М. И. Варенцов, Природные газы, сборн. 7 (1933). [6] И. М. Губкин, Проблема акчагыла в свете новых данны, Изд АН СССР, 1931.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ПЕТРОГРАФИЯ

В. Г. МАХЛАЕВ

О РАЗДОЛОМИЧЕННЫХ ПОРОДАХ В ДАНКОВО-ЛЕБЕДЯНСКИХ СЛОЯХ

(Представлено академиком Н. М. Страховым 5 VII 1957)

Раздоломиченные породы, или дедоломиты, несмотря на значительное их распространение, остаются до настоящего времени сравнительно слабо изученными. Поэтому всякие относящиеся к ним новые наблюдения и выводы, мне кажется, могут представлять интерес.

Обследуя в течение ряда лет (с 1946 по 1952 гг.) многочисленные выходы названных слоев в Центральном девонском поле, я установил здесь широкое распространение рассматриваемых пород. Некоторые наиболее типичные и внешне своеобразные их разновидности обращали на себя внимание геологов и были кратко макроскопически описаны в разное время ([1], [2]), однако их генетическая природа не была раскрыта.

Процессы раздоломичивания, в той или иной форме и степени своего развития, обнаружены во всех толщах данково-лебедянских слоев, кроме хованской толщи, которая во всех обследованных ее выходах сложена известняками и, следовательно, не может раздоломичиваться. Но в наибольшем количестве и наиболее развитые дедоломиты содержатся в киселево-никольской и озерской толщах, фациально аналогичных друг другу, так как каждая из них завершает собой один из двух осадочных циклов, на которые делятся данково-лебедянские слои. При этом озерская толща более насыщена дедоломитами, что является результатом большей засоленности озерского бассейна по сравнению с киселево-никольским. В соответствии с такой закономерностью, в лебедянской и тургеневской толщах, начинающих собой осадочные циклы названных слоев, процессы раздоломичивания проявляются значительно слабее, причем в первой слабее, чем во второй, вследствие прогрессивного осолонения данково-лебедянского бассейна. В лебедянской толще наблюдаются только начальные стадии раздоломичивания, и только в верхней ее части. В мценской и кудеяровской толщах, соответствующих наибольшему углублению данково-лебедянского бассейна, также обнаруживаются только ранние стадии раздоломичивания, и, конечно, только в тех местах, где эти толщи сложены доломитами, а не известняками.

В настоящей краткой статье я остановлюсь на залегании, структурно-текстурных признаках и генезисе только двух наиболее распространенных в озерской толще разновидностей дедоломитов, аналоги которых имеются и в киселево-никольской толще.

1. В верхней части озерской толщи (в третьей пачке озерско-хованской толщи А. П. и Е. А. Ивановых ([2])) часто, хотя и не во всех ее разрезах, встречаются отдельные тела и целые слои, выдерживающиеся на некотором протяжении, с многочисленными пустотами (ажурные) или реже сплошные, имеющие желтовато-бурую окраску и сложенные более или менее крупными, достигающими иногда в поперечнике 1 см и более, плот-

о пригнанными друг к другу непрозрачными зернами вторичного кальци-
на, со слабым шелковистым блеском на плоскостях спайности. Наблюдение
таких тел непосредственно на выходах, в коренных залеганиях и в осыпях
и отвалах, где различные их участки находятся на разных стадиях раздо-
ломичивания, показывает, что замещение доломита кальцитом во многих
случаях начинается по трещинам и поверхностям наслоения. При этом
образуются жилки и линзы дедоломита, промежутки между которыми вы-
делачиваются и разрыхляются, превращаясь в доломитовую муку, име-
ющую белую или светло-желтую окраску. Жилки и линзы дедоломита,
постепенно разрастаясь, сливаются между собой, и соответствующий уча-
сток доломита сплошь замещается кальцитом. Если порода обнажается
до завершения процесса, то поверхностные воды вымывают из нее доло-
митовую муку, и упомянутая выше ажурная или каркасная текстура обна-
руживается с предельной четкостью.

Именно эти образования Ивановы описывают как известняки с септа-
риевидным строением и правильно отмечают их вторичный характер. Но,
вопреки утверждению Ивановых, каркас из вторичного кальцита образо-
вался в слоях доломита, а не известняка, и не путем заполнения кальци-
том трещин, а путем замещения им доломита по трещинам и направле-
ниям тонкой наслоенности внутри слоев. Иногда в массивных однородных
доломитах, не имеющих направлений преимущественного движения
подземных вод, процесс раздоломичивания с самого начала развивается
не по трещинам, а охватывает всю массу породы на некотором ее участке.
Различные его стадии выражаются в этом случае только в различной сте-
пени индивидуализации формирующихся зерен кальцита — различной
четкостью их очертания и различной силой блеска на плоскостях спай-
ности, что в свою очередь отражает различную степень замещения доло-
мита кальцитом в пределах раздоломиченного участка и каждого отдель-
ного кальцитового зерна.

Под микроскопом видно, что зерна кальцита имеют обычно более или
менее изометричную, иногда неправильную форму, с прихотливо изрезан-
ными контурами. Размеры их могут быть очень различными даже в пре-
делах одного шлифа; максимальные их значения приведены выше. Внут-
ри зерен кальцита содержатся в различном количестве более мелкие зер-
нышки доломита или комочки грязно-серого непрозрачного глинистого (?)
вещества, оставшегося от доломита после его замещения кальцитом. Рас-
сматриваемые породы при достаточно полном замещении в них доломита
и не слишком крупных размерах зерен кальцита отличаются большой ме-
ханической крепостью и вязкостью — они трудно разбиваются молотком.

2. Средняя часть озерской толщи (вторая пачка озерско-хованской
толщи Ивановых) повсеместно в пределах распространения ее выходов
сложена дедоломитами иного облика. Последние имеют серую окраску
различных оттенков, содержат много каверн различной величины и формы
и сложены зернами кальцита, имеющими более или менее сильный стек-
лянный блеск на плоскостях спайности. Размеры зерен, как правило, не
превышают 1 мм; обычно они гораздо меньше; иногда различными только
в лупу. В основной серой массе породы содержатся в различном коли-
честве жилки, линзы и жеоды светлого, более крупнозернистого кальцита,
который, по-видимому, заполнил полости в основной массе породы, хотя
и связан с последней постепенными переходами, как видно в шлифах.
Рассматриваемая пачка дедоломитов по виду представляет одно целое,
так как слоистость в ней трудно различима, границы между слоями —
редкие и неровные. Но нижняя и верхняя границы почки являются в боль-
шинстве случаев, четкими и ровными. Поэтому последняя обычно резко
выделяется по цвету и текстуре в разрезах озерской толщи среди покры-
вающих и подстилающих ее светлых ровно наслоенных доломитов.

Под микроскопом зерна кальцита обнаруживают округлую, округло-
многоугольную или менее правильную, но всегда простую форму и ров-

ные или весьма слабо зазубренные контуры; единичные зерна частично ограничены. В промежутках между зернами часто имеется некоторое количество кальцитизированной глины. В некоторых участках породы, имеющих более крупнозернистую структуру, кальцит не содержит включений. В участках более мелкозернистых зерна его, все или некоторые из них, содержат большее или меньшее количество мелких зерен доломита, которые в большинстве случаев имеют неправильную форму; иногда они округлены, иногда форма их близка к ромбоэдрической.

Во многих шлифах обнаружены аутигенные кварц и полевой шпат, неравномерно распределенные в породе; в некоторых участках шлифа они составляют до половины ее объема. Одновременно с ними иногда присутствуют и обломочные зерна этих минералов.

По вопросу об условиях образования раздоломиченных пород были высказаны, как известно, две совершенно различные точки зрения. М. Ноинский ([3]) считал, что процессы раздоломичивания в пермских отложениях района Казани и на Самарской Луке вызываются растворами сернокислого кальцита, поступающими из вышележащих мезозойских толщ и действующими согласно обратному течению реакции Гайдингера: $CaSO_4 + CaMg(CO_3)_2 = 2CaCO_3 + MgSO_4$. Это мнение названный автор обосновывает, в частности, следующими наблюдениями: 1) на обнажениях доломитов в сухую погоду появляются налеты и корки сернокислого магния, а сами доломиты в таких случаях обнаруживают постоянное присутствие кальцита; 2) в районе Казани в казанском ярусе были установлены переходы в горизонтальном направлении раздоломиченных толщ в толщи, сложенные доломитом и гипсом.

Мнение Ноинского подтвердил Б. П. Кротов ([4]). Он подчеркнул, что там, где в смешанных гипсово-доломитовых породах сохранился гипс, доломит не изменен, а если гипс выщелочен, — доломит раздоломичен. Отсюда Кротов делает вывод, что гипс расходуется на раздоломичивание.

По другому отвечает на поставленный вопрос В. Б. Татарский ([5]). Он утверждает, что гипс, переслаивающийся с доломитом, не вызывает раздоломичивание, а наоборот,— препятствует ему. Автор обосновывает это утверждение в основном следующими наблюдениями и соображениями: 1) раздоломиченные и гипсоносно-доломитовые толщи в бухарском ярусе Ферганской впадины, где автор изучал рассматриваемые породы, пространственно разобщены между собой как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях; 2) наиболее чистыми от примеси извести являются доломиты, ассоциирующиеся в разрезах с гипсом, что было бы невозможно, если бы гипс вызывал раздоломичивание.

При решении вопроса о том, как образовались охарактеризованные выше раздоломиченные породы, залегающие в данково-лебедянских слоях, в отношении средней части озерской толщи необходимо учесть следующие ее особенности:

1. С удалением от берега данково-лебедянского бассейна — в направлении от Плавска к Москве — именно эта пачка, раньше, чем другие части разреза данково-лебедянских слоев, переходит в смешанные гипсово-доломитовые породы и далее в гипсы. Это позволяет считать, что и в области распространения ее выходов она фиксирует время наибольшего осолонения в истории названного бассейна и, вероятно, содержала прежде гипс, хотя и в меньшем количестве, чем в Серпухове или Москве.

2. Наличие резких границ пачки снизу и сверху и сплошное ее раздоломичивание. То и другое было бы невозможно при поступлении раздоломичивающих растворов извне, сверху.

Сказанное дает основание думать, что рассматриваемая пачка дедоломитов образовалась из смешанных гипсово-доломитовых пород, в которых доломитовая основа была импрегнирована гипсом и, кроме того, содержала гнездообразные включения этого минерала. Последние были выщелочены; на их месте возникли каверны, частично заполненные вторичным

кальцитом. Импрегнированная гипсом доломитовая основа пачки превратилась в дедоломит. Подземные воды просачивались через нее очень медленно, и гипс, по мере его растворения, расходовался на раздоломичивание. Следовательно, последний процесс вызывался в данном случае действием раствора сернокислого кальция, в соответствии с представлениями Ноинского, но этот раствор формировался и потреблялся, в основном, внутри раздоломичивающейся пачки.

Раздоломичивание средней части озерской толщи прослежено в ряде скважин, на глубине в несколько сот метров, где оно вряд ли может протекать в настоящее время. По-видимому, оно произошло в период осушения центральной части Русской платформы в начале карбона, что подтверждается также приуроченностью раздоломичивания к тем скважинам, в которых самая верхняя часть данково-лебедянских слоев размыта. Позднее течению этого процесса препятствовал мощный покров каменноугольных отложений, который здесь имеется. Однако на некотором расстоянии от поверхности обнажений включения гипса, возможно, сохранились до настоящего времени в доломитах озерской и других толщ так же, как они сохранились в казанском ярусе перми в районе Казани. Если это так, то раздоломичивание рассматриваемого типа может продолжаться и сейчас.

Обратимся к дедоломитам верхней части озерской толщи. Последняя в пределах Центрального девонского поля не содержит и не содержала включений гипса или ангидрита. Раздоломиченные участки приурочены здесь к трещинам и поверхностям наслоения. Следовательно, раздоломичивающие растворы поступают, в данном случае, из вышележащих слоев. Процесс безусловно протекает в настоящее время. Об этом говорит фиксация всех его стадий в обнажениях и связь его с современным рельефом — приуроченность к ложбинам стока. Но какой состав имеют раздоломичивающие растворы, остается неясным. Дело в том, что гипса нет не только в самой раздоломичивающейся пачке, но и в покрывающих ее хованской толще и отложениях нижнего карбона. Юрские (келловейские) глины, широко распространенные в центральной части Русской платформы и часто содержащие конкреции и кристаллы гипса, образовавшиеся окислением включений пирита, не были обнаружены при обследовании выходов рассматриваемых дедоломитов и не показаны в соответствующих пунктах на геологической карте (масштаб 1 : 1 000 000). Но необходимо учитывать, что небольшие островные залежи указанных глин, расположенные выше береговых обрывов, легко могли быть пропущены при геологической съемке и осмотре обнажений. Этот вопрос требует дополнительного изучения. Если в отложениях, покрывающих озерскую толщу, гипса действительно нет, то остается предположить, что раздоломичивание вызывается в данном случае бикарбонатом кальция, выносимым из вышележащих известняков. Это допущение, конечно, тоже требует проверки.

Выявление раздоломиченных горизонтов в данково-лебедянских слоях позволило точнее увязать между собой разрезы последних и установить в них истинную картину смены фаций в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Криворожский
горнорудный институт

Поступило
1 VII 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] С. В. Обручев, Изв. Всесоюзн. геол.-разв. объед., в. 72 (1932). [2] А. П. Иванов, Е. А. Иванова, Общая геологическая карта Европейской части СССР, лист 58, юго-зап. четв., Тр. МГТ (1936). [3] М. Ноинский, Тр. Общ. естествоисп. при Казанск. унив., 45, в. 4—6 (1913). [4] Б. П. Кротов, Тр. Общ. естествоиспыт. при Казанск. унив., 50, в. 6 (1925). [5] В. Б. Татарский, Вестн. ЛГУ, сер. биол., геогр. и геол., № 4 (1953).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ПЕТРОГРАФИЯ

В. П. ФЛОРЕНСКИЙ, Т. А. ЛАПИНСКАЯ и В. С. КНЯЗЕВ

ДОКЕМБРИЙСКИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ ТАТАРСКОГО СВОДА

(Представлено академиком Д. И. Щербаковым 10 V 1957)

В настоящей работе излагаются некоторые обобщенные данные по петрографии докембрийских отложений Татарского свода, полученные в результате исследований, проводившихся авторами в течение ряда лет ([8], [9], [10]) *.

На приводимой ниже карте (рис. 1) нанесены все скважины, откуда были изучены породы кристаллического фундамента (около 250). Кроме того учтены две скважины, описанные в 1953 г. И. В. Лучицким и расположенные на южной окраине Татарского свода ([2]).

Принимая то же подразделение парагнейсовых и первично-магматических образований, которое использовалось в наших работах ранее ([8], [10]), мы с помощью условных обозначений попытались выделить в пределах Татарского свода районы преимущественного развития определенных типов пород. При рассмотрении карты следует учитывать, что в пределах контуров, ограничивающих распространение пород какого-либо типа, в керне скважин могут встречаться и другие разности, но они играют резко подчиненную роль; иногда же выделенные провинции являются действительно монопетрографическими. Незаштрихованные участки еще недостаточно освещены бурением. Наиболее полное представление можно составить о южной части Татарского свода; слабее выявлены петрографические особенности докембрийского фундамента на севере.

Поскольку чтение карты не представляет каких-либо трудностей, мы остановимся лишь на нескольких наиболее важных общих положениях.

1. Прежде всего обращает на себя внимание то, что на склонах Татарского свода широко распространены различные парагнейсовые образования. В обрамлении южной части свода преобладающим типом гнейсов являются биотито-гранатовые, часто с силлиманитом и кордиеритом. Они образуют сплошную зону развития, протягивающуюся через Ново-Ибрайкинскую, Ново-Елховскую, Черемшанскую, Шугуровскую и Байтуганскую площади. После некоторого перерыва эти же гнейсы снова появляются на южном склоне Туймазинской структуры (Субханкулово, Копей-Кубово, Болтаево). Отдельные выходы их на Минибаевской площади и в Бугульме отделяются от поля сплошного развития зоной биотито-плагиоклазовых гнейсов. По возрасту все это нижнеархейские образования ([10]).

2. В наиболее приподнятых центральных участках южной части Татарского свода большое развитие получают плагиоклазовые гранито-гнейсы,

* Работа проводилась на кафедре петрографии осадочных пород Московского нефтяного института параллельно с лабораторией обобщения ВНИИГеофизика, где изучались физические свойства пород фундамента, и полученные данные использовались для интерпретации региональных геофизических исследований. В настоящей статье затрагиваются только вопросы петрографии.

ереходящие местами в разгнейсованные гранодиориты. Они обычно силь-о катаклазированы и изменены последующими процессами; однако со-ранившиеся в большинстве случаев текстурные и структурные особенно-ти позволяют относить их к группе гранитоидов. По своему возрасту это

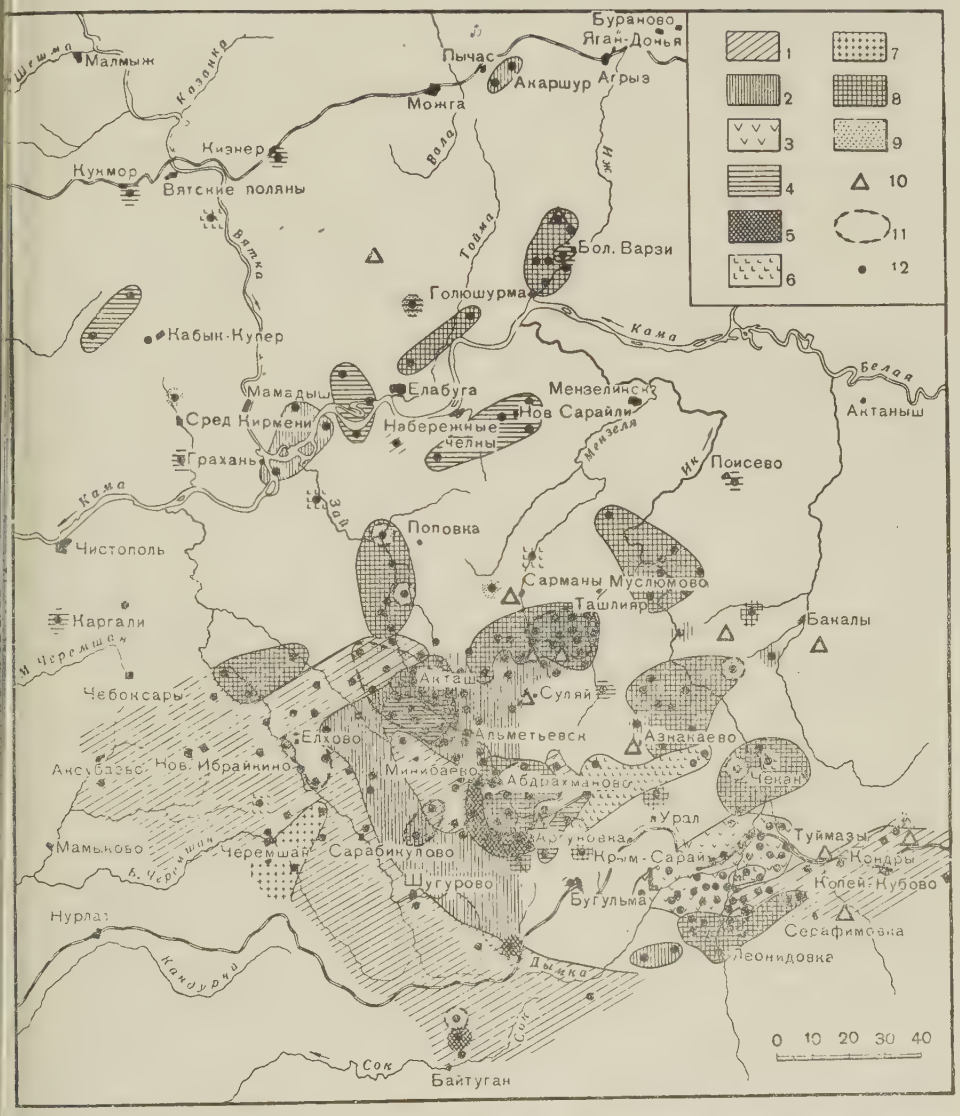


Рис. 1. Карта преимущественного распространения различных типов докембрийских кристаллических пород в фундаменте Татарского свода (по данным глубокого бурения). *1* — биотито-гранатовые, силлиманитовые и кордиеритовые гнейсы, *2* — биотито-плагиоклазовые гнейсы, *3* — плагиоклазовые породы Александровско-Туймазинской площади, *4* — биотито-роговообманковые гнейсы и амфиболиты, *5* — биотито-гиперстеновые гнейсы и чарнокиты, *6* — мелкозернистые биотито-гранатовые гнейсы, амфиболовые роговики, слюдистые сланцы, *7* — габбро-нориты, *8* — плагиоклазовые гранито-гнейсы и разгнейсованные грано-диориты, *9* — микроклиновые граниты, *10* — диабазы, габбро-диабазы, порфириты, *11* — границы распространения микроклиновых гранитов, *12* — местоположение скважин, вскрывших породы фундамента

аналоги архейского кировоградского интрузивного комплекса Ю. И. Половинкиной (4) и постсвионийских олигоклазовых гранитов Карелии.

Породы гранитоидного типа образуют, видимо, значительные массивы, иногда петрографически довольно однородные (районы Муслюмова, Поповки, Абдрахманова).

3. В тех же приподнятых частях свода помимо гранитоидов спорадически встречаются различные типы древних парагнейсов — биотитовые, гранатовые, роговообманковые, гиперстеновые, но все они уступают по своей распространенности гранитоидам.

В отдельных скважинах обнаружены амфиболиты, для которых многими исследователями допускается образование за счет метаморфизма основных эффузивных и жильных пород (6).

4. В районе Александровки и частично Туймазов, помимо измененных гранитоидов, широко развиты своеобразные плагиоклазовые породы, приближающиеся по своей структуре то к типично гнейсовым разностям, то к магматическим. Они почти нацело слагаются плагиоклазами различной основности и в качестве подчиненной составной части содержат различные темноцветные минералы — биотит, роговую обманку или гиперстен. В отличие от парагнейсов эти породы почти не содержат первичного кварца, последний если и встречается в них, то всегда связан с более поздними гидротермальными процессами.

5. На фоне широко распространенных нижнеархейских глубокометаморфизованных парагнейсов в некоторых участках Татарского свода (Черемшан, Грахановская, Сарманово-Рангазарская, Аргуновка, Азнакаево, Кукмор) встречены несколько слабее метаморфизованные мелкозернистые гнейсы, амфиболовые роговики и слюдистые сланцы, которые мы считаем возможным параллелизовать с верхнеархейскими породами Украины (5). Интересен тот факт, что мелкозернистые гнейсы скважины № 6 Грахановской площади располагаются в относительно пониженной зоне Татарского свода — так называемом Сарайлинском прогибе (3).

6. Вклиниваясь в область развития биотито-гранатовых парагнейсов в районе Черемшана располагаются габбро-нориты. Возраст небольших интрузий близких по типу украинских габбро-норитов Ю. И. Половинкиной определяется, как нижнеархейский (4).

7. Описанные выше парагнейсовые образования, габбро-нориты, гранито-гнейсы и разгнейсованные гранодиориты в ряде случаев содержат крупнозернистые выделения, в основном кварцево-микроклинового состава. Иногда эти выделения имеют небольшие размеры (1—2 см), неправильную форму, часто это прожилки, обычно идущие параллельно общей сланцеватости пород, приобретающих при этом вид мигматитов; в ряде случаев они целиком слагают весь керн и тогда морфологически представляют собой крупнозернистые микроклиновые граниты. Как показывает микроскопическое изучение (8, 10), для образования таких микроклиновых гранитов не обязательно внедрение магматического расплава. Он носит в основном метасоматический характер и связано с проникновением растворов, или газообразных выделений, обогащенных калием, под воздействием которых идет переработка минералов вмещающих пород с постепенным замещением их микроклином и кварцем. Подобные явления отмечались многими исследователями докембрия на Украине, в Карелии и на закрытой части Русской платформы. Образование микроклиновых гранитов относится, вероятно, к верхнему архею — нижнему протерозою и связано с оживлением глубинных магматических очагов.

Наличие в отдельных случаях крупнозернистых кварцевоплагиоклазовых прожилок без явлений замещения позволяет предполагать иногда возможность так называемого селективного плавления гнейсовых толщ, допускаемого рядом авторов для аналогичных объектов (7).

Микроклинизация, в той или иной степени затронувшая все участки Татарского свода, в результате чего многие гнейсы оказались превращенными в полосчатые мигматиты *, наиболее интенсивно сказалась в его приподнятой южной части, где находится наибольшее число выходов крупно-

* Этот термин в данном случае приобретает условное значение, так как он отражает лишь особенности текстуры пород, отнюдь не означая, что происходило внедрение расплавленного магматического материала.

онистых микроклиновых гранитов (Ново-Елховский массив, Акташский, леево-Ташлиярский, Минибаевский и другие).

8. В восточной части Татарского свода довольно широко развиты раз-ичные представители диабазовой серии (9), прорывающие всю толщу хейских орто- и парапород. Вполне вероятно, что их внедрение происхо-т по глубоким расколам в фундаменте. Данные по исследованию диа-зов в прилегающих районах Башкирии, где они в ряде случаев встрече-среди бавлинских пород, указывают на их различный возраст, который каждом случае должен определяться особо.

В заключение нам представляется необходимым отметить, что в рас-еделении различных типов докембрийских кристаллических пород на Та-рском своде, уже на данном этапе разбуренности, намечается определен-я закономерность, а именно — в то время, как на склонах свода пре-ладают парагнейсовые образования, в его центральных приподнятых ча-ях широко развиты гранитоидные тела. Последнее справедливо и для начительно слабее освещенной бурением северной части свода, где на ложительных структурах также появляются гранитоиды.

Такие соотношения, как нам кажется, указывают на более глубокую родированность приподнятых частей свода, в результате которой обнажи-сь корни древних интрузий, а на склонах сохранилась их гнейсовая по-рышка. Спорадически развитые верхнеархейские гнейсы и сланцы, види-о, отвечают ранее опущенным участкам свода.

Интересно, что наиболее интенсивная микроклинизация преимущест-нно проявляется в зонах развития более древних гранитоидов, что сви-тельствует об определенной унаследованности магматических очагов тектонических форм.

Бросающаяся в глаза разница в степени эродированности центральных астей поднятия и его современных склонов говорит о древнем, додевон-ком возрасте всей структуры.

Московский нефтяной институт
им. И. М. Губкина

Поступило
10 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[2] В. И. Лучицкий, Петрография Украины, ч. 1, Изд. АН СССР, 1934. [3] И. В. Лучицкий, ДАН, 88, № 6 (1953). [3] А. М. Мельников, ДАН, **103**, № 5 (1955). [4] Ю. И. Половинкина, Тр. лаб. геол. докембрия, в. 2 (1953). [5] Н. П. Семененко, Тр. лаб. геол. докембрия, в. 2 (1953). [6] И. С. Усенко, Архейские метабазиты и ультрабазиты Украинского кристаллического массива, Изв. АН СССР, 1953. [7] И. С. Усенко, ДАН, **95**, № 5 (1954). [8] В. П. Флоренский, Г. А. Лапинская, ДАН, **89**, № 6 (1953). [9] В. П. Флоренский, Г. А. Лапинская, В. С. Князев, Тр. Моск. нефт. инст., 1955. [10] В. П. Флоренский, Г. А. Лапинская, Нефт. хоз., № 5 (1956).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

П. И. ДОРОФЕЕВ

О ВЕРХНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВОЙ ФЛОРЕ с. ДРЕЧАЛУКИ В БЕЛОРУССИИ

(Представлено академиком В. Н. Сукачевым 18 VI 1957)

Описываемая флора получена из образца породы весом около 5 кг, доставленного Л. Н. Вознячуком, взявшим его из обнажения левого берега р. Усвячи, в 100 м от ее впадения в р. Западную Двину, у с. Дречалуки, Суражского района, Витебской обл. БССР. К образцу были приложены описание и схема, составленные Л. Н. Вознячуком, из которых видно, что обнажение слагают следующие горизонты (снизу вверх):

1. $Q^{w}_{III}gl(m)$. Морена нижняя — суглинок валунный, красно-бурый, в верхней части оглеенный, зеленовато- и желтовато-серый. Видимая мощность . . . . . 2,1 м
2. $Q^{w}_{III}l$. Песок средне- и неравнозернистый, зеленовато- и желтовато-серый, горизонтальнослоистый, с мелкими линзочками и тонкими прослойками растительных остатков . . . . . 0,5 м
3. Супесь пылеватая, тонкослоистая, внизу голубовато-серая, выше бурая, с тонкими прослойками растительных остатков . . . . . 1,5 м
4. $Q^{w}_{III}gl(m)$. Морена верхняя — суглинок валунный, вишнево-красный . . . 1,5 м
5. $Q^{b,at}_{IV}$. Песок желтый, мелкий, неравнозернистый, косослоистый (аллювий I надпойменной террасы Зап. Двины . . . . . 2 м

Л. Н. Вознячук считает верхнюю морену типичной вюрмской, а относительно нижней пишет, что она довольно необычна и может быть и рисской, и вюрмской, — следовательно, межморенные пески и супеси и описываемая флора в первом случае являются межледниковыми и соответствуют рисс-вюрму, во втором они являются интерстадиальными и соответствуют вюрму. Исследовались прослои из горизонтов 2 и 3. После обработки из породы были выделены остатки следующих растений (см. стр. 304).

Приведенный список в основном составляют современные и местные виды, и только незначительная часть растений в настоящее время в этом районе отсутствует. Среди них имеется вымерший вид — Brasenia Schröteri, вид внеевропейский — Potamogeton oxyphyllus (Восточная Азия), виды несколько более южные — Salvinia natans, Carpinus betulus, Scirpus cf. melanospermus или растения редко встречающиеся в Европе, в том числе и в Белоруссии — Cladium mariscus. С другой стороны, во флоре представлены ныне более северные или арктоальпийские виды — Selaginella selaginoides, Salix polaris, Betula nana.

Ископаемые флоры сходного состава уже нередки в отложениях Белоруссии, и описываемая выделяется среди них лишь полнотой списка и большей контрастностью состава. Все остатки полученной коллекции одинаково фоссилизованы, кроме явно переотложенных остатков каменноугольных и третичных растений, без каких-либо особых следов потертости, переноса и других особенностей, поэтому их с равным основанием

Chara sp.	5 оогониев
Bryales gen.	15 веточек
Salvinia natans (L.) All.	11 мегаспор
Selaginella selaginoides (L.) Lk.	10 мегаспор
Picea sp.	обломки чешуй, веточек и хвой (19)
Pinus silvestris L.	1 чешуя, обломки хвой
Larix sp.	1 укороченный побег
Sparganium r. mosum Huds.	1 эндокарпий
S. simplex Huds.	2 энд. *
S. minimum Fr.	15 энд.
Potamogeton natans L.	очень много энд.
P. pectinatus L.	5 энд.
P. praelongus Wulf.	15 энд.
P. vaginatus Turcz.	23 энд.
P. filiformis Pers.	39 энд.
P. perfoliatus L.	20 энд.
P. oxyphyllus Miq.	3 энд.
P. obtusifolius M. et K.	2 энд.
P. cf. Frisii Rupr.	2 энд.
P. cf. alpinus Balb.	2 энд.
Potamogeton spp.	много энд.
Najas marina L.	много семян
N. flexilis (Willd.) Rostk. et Schm.	7 семян
Alisma plantago-aquatica L.	2 плода
A. Loeselii Gorsk.	1 плод
Sagittaria sagittifolia L.	1 семя
Cladium mariscus (L.) R. Br.	2 орешка
Scirpus lacustris L.	15 орешков
S. cf. melanospermus C. A. M.	1 орешек
Eleocharis palustris (L.) R. Br.	3 орешка
Carex spp. —	очень много орешков
Lemna trisulca L. —	1 семя
Salix polaris Wahlb.	10 листочков
Salix sp.	обрывки листочков, коробочки
Betula alba L.	3 орешка, 1 чешуя
B. nana L;	2 орешка, 1 чешуя
Alnus glutinosa (L.) Gaertn.	много крылаток
Carpinus betulus L.	2 орешка
Corylus avellana L.	обломки орешков
Stellaria sp.	2 семени
Urtica dioica L.	5 орешков
Humulus lupulus L.	1 орешек
Rumex acetosella L.	1 орешек
Brasenia Schröteri Szafer	6 семян
Nymphae alba L.	2 семени
Nuphar luteum Sm.	обломки семян
Ceratophyllum demersum L.	15 плодов
C. submersum L.	3 плода
Ranunculus sceleratus L.	6 плодов
R. flammula L.	1 плод
R. lingua L.	3 плода
Ranunculus aquatilis L.	очень много плодов
R. sp.	2 плода
Rubus idaeus L.	8 косточек
Potentilla sp.	много плодов
Viola sp.	1 семя
Hippuris vulgaris L.	12 плодов
Myriophyllum spicatum L.	4 плода
M. verticillatum L.	7 плодов
Menyanthes trifoliata L.	очень много семян
Mentha arvensis L.	2 орешка
Lycopus europaeus L.	6 орешков
Ajuga reptans L.	3 орешка
Labiatae gen.	1 орешек
Arctostaphylos uva-ursi(L.) Spr.	7 семян
Andromeda polifolia L.	5 семян
Valeriana officinalis L.	1 плод
Sambucus sp.	1 семя
Переотложенные:	
Caldesia proventilia Nikitin	1 плод (из третичных отложений)
Triletes spp.	9 мегаспор (из нижнего карбона)

* Энд — эндокарпий.

можно считать синхронными, например вюрмскими, и разновозрастными — переотложенными рисс-вюрмскими и первично погребенными вюрмскими, полностью местными, или смешанными из местных и транспортированных из разных районов. Это — довольно обычная флора для аллювиальных отложений, и по возрасту она скорее всего является вюрмской, а по своему типу относится к так называемым арктическим и даже дриасовым флорам, так как и все другие арктические и дриасовые флоры (по крайней мере их значительная часть), как показывают наблюдения, являются такими же аллювиальными флорами, и только в приводимых списках они с той или иной степенью полноты передают истинный состав ископаемых флор, погребенных в отложениях.

Наличие в арктических и дриасовых флорах какого-то количества неарктических растений уже отмечалось прежними исследователями флор такого или сходного типа ([8–12]). Нужно учитывать, что прежними исследователями по чисто методическим причинам опускались очень многие остатки, находящиеся в породе, поэтому почти все известные арктические и дриасовые флоры Русской равнины представлены односторонне и вследствие этого неполноценны, так как в действительности они всегда более подробны и по составу более разнообразны. Рассматриваемая флора в этом отношении изучена подробнее, и ее состав поэтому более правдоподобен. Очень характерная для нее комплексность состава — уже не единичное и, следовательно, не случайное явление. В данном случае мы имеем дело с вюрмской флорой, но такой же смешанный или только комплексный состав аллювиальных флор характерен и для более раннего плейстоцена (миндель, миндель-рисс) ледниковых районов, примером чего может служить ископаемая флора Новохоперска ([7]); такие же флоры широко распространены и во внеледниковых районах юго-востока Русской равнины ([3]) и в Западной Сибири ([4, 5]).

Нужно отметить, что наибольшее количество бореальных, арктических и аркто-альпийских элементов содержится в аллювиальных флорах, всегда в той или иной степени аллохтонных, что этих элементов всегда значитель-

меньше во флорах из автохтонных отложений (торфы, илы, старичные ины и т. п.) и что палеонтологические свидетельства ледниковых эпох обще содержатся главным образом в ископаемых аллювиальных фло-х, сходных с описываемой. Так раннечетвертичное время (миндель, на-ло миндель-рисса) охарактеризовано аллювиальными флорами Дона, еднего и Нижнего Поволжья и Прикаспия (сингильские флоры из верх-бакинских — нижнехазарских отложений), в которых Selaginella sela-noides, Picea, Betula humilis редко и B. nana, Menyanthes trifoliata рас-остранены на юг до Ростова, Маныча, Сарпы, Сталинградского канала, одновременно в тех же отложениях на север до Камы и Хопра встре-ются Azolla interglacialica, Salvinia natans, Bunias Sukaczevii. Пример-такой же состав имеют аллювиальные флоры Оби и Иртыша, по А. Никитину ([5], [6]) соответствующие минделю и миндель-риссу. Вюрм-кая эпоха представлена также аллювиальными флорами, сходными с рас-матриваемой дречалукской. Ископаемых флор, определенно соответству-щих риссу, на Русской равнине пока еще не известно.

Расшифровывать ископаемые флоры типа описываемой очень трудно. Однако нужно иметь в виду, что элементы смешения различных экологи-ческих и географических групп растений в один тафоценоз нередки и для негда более однородных флор из торфов и илов, обычно называемых меж-ледниковыми, состоящими в основном из современных и местных видов, с большого числа видов вымерших, внеевропейских или более южных, из которых наряду с экзотами иногда регистрируются и виды бореальные, ркто-альпийские и т. п. Несомненно, что в какой-то степени эта комплекс-ность, проявляющаяся в ископаемых аллювиальных флорах, была естест-венной для ландшафта Русской равнины в эпоху отложения этих пород. Аналогичная комплексность характерна и для ландшафтов настоящего времени, примером чего может служить Уссурийский край, где причудливо очетаются элементы маньчжурской и охотской флоры и фауны. Очень ха-рактерно, что на юго-востоке Русской равнины, в Среднем Поволжье и на Хопре ископаемые флоры с бореальными элементами приурочены к ран-нему плейстоцену (миндель, начало миндель-рисса), а в Белоруссии и в других районах средней полосы, где более древние четвертичные отложе-ния менее развиты, — главным образом к позднему плейстоцену (пред-вюрм, вюрм, послевюрм). Это обстоятельство свидетельствует о том, что условия, благоприятствовавшие в раннем плейстоцене более широкому распространению на юг бореальных элементов и одновременному про-движению на север элементов термофильных (или только переживанию их там от третичного времени), сохранились к концу плейстоцена лишь в средней полосе Русской равнины, так как на юго-востоке в это время во-обще какие-либо бореальные элементы в ископаемых флорах уже отсут-ствуют, хотя и в настоящее время в степи и лесостепи еще встречаются островки бореальной флоры с росянкой, клюквой, грушанкой и др.

С большой осторожностью комплексные аллювиальные флоры могут толковаться как доказательства ледниковой эпохи плейстоцена на Рус-ской равнине: сингильские Прикаспия и Поволжья для минделя, аркти-ческие и криасовые средней полосы — для вюрма. В этом отношении па-леоботанические данные не противоречат данным палеозоологии, хотя в отличие от заключения В. И. Громова ([1]), считающего несомненно ком-плексные верхнехазарскую и верхнепалеолитическую фауны стратиграфи-чески соответствующими времени от риска до вюрма, палеоботанические данные свидетельствуют об аналогичной обстановке, соответствующей вре-мени от минделя до вюрма.

Нужно однако отметить, что так называемые межледниковые и ледни-ковые флоры, хорошо различающиеся между собой лишь в крайних пре-делах, различаются в этих крайних пределах и фациально. Иными сло-вами, и ледниковые, и межледниковые ископаемые флоры, по крайней мере в каких-то случаях, могут быть лишь фациями одного века, что очень

вероятно, так как даже в наиболее хорошо изученных разрезах Русск равнины нет ни одного, где бы одновременно были представлены чередую щиеся отложения с ледниковыми и межледниковыми ископаемыми фл рами. Только поэтому общепризнанное представление о неоднократны сменах ледниковых и межледниковых эпох следует считать априорны хотя чередование фаций мыслимо не только в пространстве, но и во вр мени.

Ботанический институт им. В. Л. Комарова
Академии наук СССР

Поступило
17 VI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. И. Громов, Тр. Инст. Геол. наук, **64**, № 17 (1948). [2] П. И. Дорофее Бот. журн., **40**, № 3 (1955). [3] П. И. Дорофеев, Бот. журн., **41**, № 6 (1956 [4] П. А. Никитин, Комисс. по изуч. четвертичн. периода, **3**, в. 1 (193 [5] П. А. Никитин, Тр. Биол. инст. Томск. гос. унив., **5** № 1 (1938). [6] П. А. Н китин, Матер. по геол. Зап. Сибири, № 12(54) (1940). [7] П. А. Никити П. И. Дорофеев, Бюлл. Комисс. по изуч. четвертичн. периода, № 17 (195 [8] К. И. Солоневич, Сов. бот., № 6 (1935). [9] К. И. Солоневич, Сов. бот., № (1938). [10] К. И. Солоневич, А. А. Корчагин, Сов. бот., № 5 (1934 [11] E. M. Reid, The New Phytologist, **48**, № 2 (1949). [12] A. Środoń, Acta Sc Bot. Pol., **14**, № 3 (1955).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

А. Б. МАСЛОВ

О НОВОМ ПРЕДСТАВИТЕЛЕ СЕМЕЙСТВА ETHMOPHYLLIDAE OKULITCH, 1943 ИЗ КЕМБРИЯ ЧИТИНСКОЙ ОБЛАСТИ С СОХРАНИВШИМСЯ ВНУТРЕННИМ ОРГАНОМ

(Представлено академиком С. И. Мироновым 8 IV 1957)

Сведения о внутреннем строении археоциат впервые появились в литературе в 1948 г., когда А. Г. Вологдиным (1) из коллекции Т. М. Дембо, р. Кия, с северного склона хр. Кузнецкий Ала-Тау, был описан экземпляр археоциата с частично сохранившейся структурой мягких тканей и внутренним органом, несомненно служившим целям ассимиляции и обмена. Он был назван Archaeocyathus demboi Vologdin, 1948, а позднее переименован в Ajacicyathus demboi. С материалом подобной сохранности пришлось встретиться и автору настоящей статьи.

В 1956 г. Н. П. Михно доставил коллекцию образцов археоциатовых известняков из Забайкалья, из района Газимурского завода в долине р. Золы. Среди других форм, выявленных при обработке этой коллекции, я встретил довольно много экземпляров археоциат с различной степенью сохранности обызвествленных мягких тканей. У некоторых из них было обнаружено необычное строение скелета. Из кубка одного такого археоциата удалось изготовить 7 прозрачных шлифов, ориентированных продольно и поперечно. Описанию этой формы и посвящается настоящая статья.

ТИП ARCHAEOCYATHA

КЛАСС SEPTOIDEA

Сем. ETHMOPHYLLIDAE OKULITCH, 1943 (3)

Род Mukhnocyathus gen. nov.

Кубки правильного строения, имеют две пористые стенки, систему перегородок и сложное губчатое образование, прилегающее с внутренней стороны к внутренней стенке, пронизанное массой округлых в поперечном сечении, изогнутых и ветвящихся каналов, Поры наружной стенки воротничковые, ветвящиеся и косые по отношению к ее плоскости. Поры перегородок крупные овальные. В интерваллюме и нижней части центральной полости присутствует пузырчатая ткань.

Тип рода — Mikhnocyathus zolaensis sp. nov., бассейн р. Золы, торгашинский горизонт кембрия, Забайкалье. Родовое название установлено в честь геолога Н. П. Михно — первооткрывателя фауны археоциат в ряде районов Восточной Сибири.

Mikhnocyathus zolaensis sp. nov. (рис. 1, 2).

Образец 2038 (1), коллекция Н. П. Михно, 1955 г., бассейн р. Золы, Забайкалье.

Описание скелета. Кубок ширококонический, с вершинным углом 28—30°, диаметром у взрослой особи до 20 мм, при высоте 42—45 мм. Септальный коэффициент 2, 3. Отношение радиуса кубка к ширине интерваллюма (интервальный коэффициент) выражается числом 2,8.

Наружная стенка (рис. 1) тонкая (0,08—0,1 мм) — с иногда ветвящимися воротничковыми порами, края которых немного выпячиваются наружу. Поры расположены в шахматном порядке до трех рядов на интерсептум, притом они косые, ориентированные под углом до 60° к стенке при общей их направленности от оси кубка.

Внутренняя стенка простая, толщиной 0,05—0,6 мм, с округлыми порами того же размера, по 2—3 ряда на участок между перегородками.

Перегородки относительно правильные, часто слегка искривленные, толщиной 0,06—0,07 мм, имеют до 5—6 рядов крупных, продольно ориентированных овальных пор, размером 0,32 × 0,5 мм. Промежутки между порами равны половине ширины поры. В интерваллюме и нижней части центральной полости присутствует пузырчатая ткань.

Рис. 1. Часть наружной стенки в поперечном сечении, со следами обызвествленных мягких тканей

Центральная полость описываемого экземпляра, кроме того, на $^3/_4$ своей высоты заполнена частично обызвествленным ассимиляционным органом, прижизненно заполнявшим, вероятно, весь ее объем. Этот орган представляет собой губчатую массу, состоящую из ветвящихся, взаимно связанных каналов, чаще округлой формы, размером 0,08—0,1 мм в поперечном сечении. Каналы прихотливо изогнуты, часто перегорожены поперечными тонкими (0,02—0,03 мм) известковыми пленками. При детальном изучении сохранившихся структурных образований этого замечательного органа (рис. 2, *2*, *6*) они оказываются состоящими из нескольких слоев. Внутренняя стенка каналов выстлана серой, трудно просматриваемой в проходящем свете массой, разной толщины (от 0,05 до 0,4 мм), предположительно выполнявшей поглотительно-выделительные функции. Под ней идет тонкий (0,03—0,04 мм) слой прозрачного кальцита (вероятно, это остатки обызвествленной соединительной ткани) и, наконец, более массивные, в шлифе почти черные, образования, составлявшие скелетную опору для внутреннего органа в целом (рис. 2, *6*). Этот орган непосредственно сообщался с внешней средой, а также и с интерваллюмом, с помощью системы капиллярных сосудов, проходившей через поры внутренней стенки. Вещество, слагающее остатки этого органа, наблюдаемые в шлифах, оказывается резко отличным от того, которым представлены

Рис. 2. *1* — Mikhnocyathus zolaensis gen. et. sp. nov. Падь р. Зола, Забайкалье. Коллекция Н. П. Михно, 1955 г. обр. № 2038 (1). Поперечное сечение начальной части кубка. Видны две стенки с перегородками и пузырьчатая ткань. 5×. *2*—поперечное сечение средней части того же кубка. Внутри виден ассимиляционный орган (*a*). Наружная (*b*) и внутренняя (*c*) стенки и перегородки частично сохранила следы строения мягкой ткани, их покрывавшей. Снаружи на кубке расположена стелющаяся форма археоциата (*e*) — Tersia adhaesiva Vologdin, 1957, 5×. *3* — поперечное сечение части того же кубка. Видно ветвление одного капиллярного сосуда. 17×. *4* — часть того же кубка кубка в поперечном сечении. Видно строение наружной стенки (*a*) со структурой обызвествленной мягкой ткани. 7×. *5* — часть того же кубка в поперечном сечении. Видно строение внутреннего органа (*a*) и части внутренней стенки (*b*). 25×. *6* — продольное сечение того же кубка. Видно строение наружной (*a*) и внутренней (*b*) стенок, перегородок (*c*) и пузырчатой ткани (*d*). 5×. *7* — продольное сечение того же кубка. Видно строение внутреннего органа (*a*) и характер пористости перегородок (*b*).

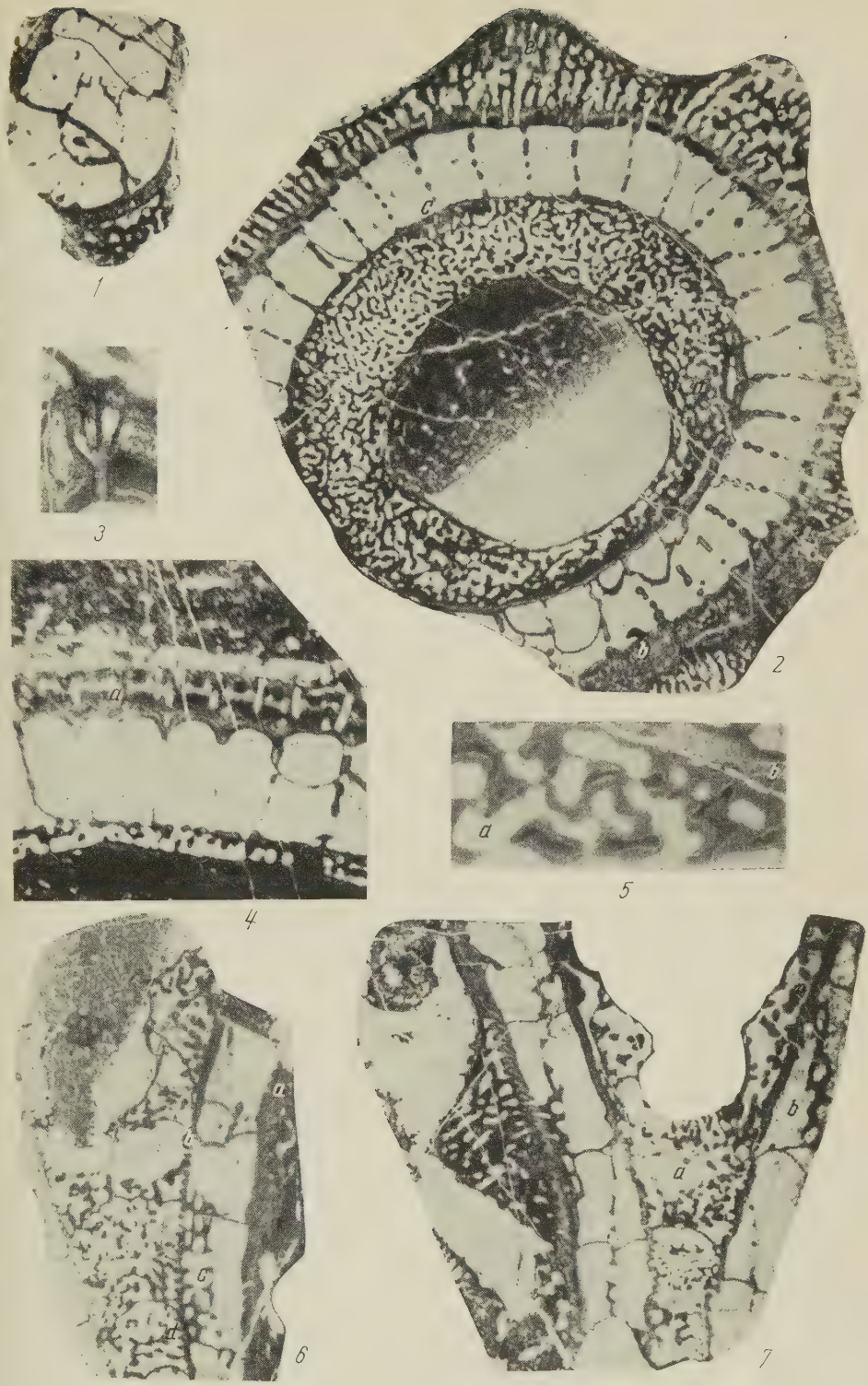


Рис. 2

лементы основного скелета. Первое, по-видимому, характеризуется бо́льшим содержанием остаточного органического вещества. Вероятно, в силу этого, внутренний орган археоциат и сохраняется очень редко, лишь при каких-то особых условиях захоронения.

Мягкая, обызвествленная в ископаемом состоянии, наружная оболочка облекает наружную стенку слоем ткани толщиной 0,4 — 0,5 мм (рис. 2, *4, а*). Под микроскопом ясно различима слоистость этой ткани, насчитывающей от 4 до 9 наслоений. Они концентрически покрывают наружную стенку снаружи и сливаются с такими же слоями ткани, прилегающей к ней с внутренней стороны. Ткани, прилегающие к наружной стенке изнутри, ничем не отличаются от наружных тканей кубка. Они имеют такое же, примерно, количество наслоений, ту же толщину и микроструктуру.

Через поры наружной стенки, пронизывая толщу обызвествленных мягких тканей, прилегающих к наружной стенке изнутри и снаружи, проходит система трубчатых капиллярных сосудов (рис. 2, *3*, *4*)). Они в поперечном сечении округлы; диаметр 0,06—0,07 мм. Замерена их длина, колеблющаяся от 0,8 до 1,0 мм. Сосуды располагаются под углом около 60° к наружной стенке при общей их направленности от оси кубка. Наружный конец капиллярных сосудов значительно расширен. В шлифах иногда наблюдается дихотомическое ветвление этих сосудов от середины их длины (рис. 2, *3*). Ветви расходятся друг от друга под углом около 25°. Верхние (наружные) части этих ответвлений располагаются параллельно друг другу. Ответвившиеся сосуды имеют то же сечение.

Внутренняя стенка изнутри и поверхность перегородок покрыты обызвествленными более плотными, мягкими тканями, в шлифах более темными, чем наслоения на наружной стенке. Эти ткани лежат слоем толщиною 0,02—0,04 мм. Местами они не сохранились.

На описываемой форме снаружи во многих местах располагается стелющаяся форма археоциата Tersia adhaesiva Vologdin, 1957 (рис. 2, *2, с*).

Сравнение и определение. Описываемая форма, при сравнении ее с ранее изученными археоциатами, оказывается наиболее близкой к некоторым родам семейства Ethmophyllidae Okulitch, 1943, но отличается от них многими характерными чертами, в частности — строением пор наружной стенки, характером строения перегородок, наличием пузырчатой ткани и строением органа центральной полости. В связи с этим данная форма выделяется в новый род и вид с названием Mikhnocyathus zolaensis sp. nov.

Распространение. Забайкалье, бассейн рр. Золы и Шира.

Возраст. Торгашинский горизонт, кембрий. Описываемая форма находится совместно с Coscinocyathus aff. howelli Vologdin и Protopharetra lagueata Vologdin, встреченным в торгашинском горизонте вблизи г. Красноярска (с. Торгашино) и в ряде районов Монгольской Народной Республики.

Автор выражает глубокую признательность А. Г. Вологдину за общее руководство работой и ценные советы.

Палеонтологический институт
Академии наук СССР

Поступило
6 VI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. Г. Вологдин, Археоциаты Сибири, в. 2, М. (1932). [2] А. Г. Вологдин, Археоциаты. Атлас руковод. форм. ископ. фаун СССР, 1, Кембрий, М., 1940, [3] V. I. Okulitch. Northamerican Pleospongia. Geol. Soc. of Amer. spec. pap., 48, 1943.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

И. Г. ПРОНИНА

НОВЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ДЕСМОСТИЛИД KRONOKOTHERIUM BREVIMAXILLARE GEN. NOV., SP. NOV. ИЗ МИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 8 VII 1957)

В 1955 г., принимая участие в геологической экспедиции Нефтяного геолого-разведочного научно-исследовательского института на восточном побережье Камчатки (Кроноцкий район), автор нашел в миоценовых отложениях на берегу верхнего притока р. Ракитинской, в 0,5 км выше устья, фрагмент челюсти млекопитающего, который был заключен в глыбу твердого песчаника. Челюсть была отпрепарирована М. П. Жуковой (Палеонтологический институт АН СССР). Пользуюсь случаем принести ей искреннюю благодарность.

Фрагмент оказался левой половиной нижней челюсти, у которой был обломан задний участок и верхняя часть ветви; обломанной оказалась и симфизальная часть. Судя по размерам обломка, целая челюсть была больше, чем нижняя челюсть дюгоня (Halicore) и ламантина (Manatus), но немного меньше соответствующей кости стеллеровой морской коровы (Rhytina). Несмотря на то, что симфизальная часть челюсти обломана, можно уверенно сказать, что подбородочная часть была загнута вниз. Наружная (щечная) сторона челюсти слабовыпуклая, внутренняя (язычная) — вогнутая. Подбородочное отверстие расположено на уровне заднего края подбородка.

В челюсти имеется два коренных зуба. Как показал рентгеновский снимок, зубы имеют по два корня. Зубы гипсодонтные с толстой эмалью (табл. 1, рис. 1, 2). Коронка каждого из них состоит из 6 эмалевых цилиндров, заполненных дентином (табл. 1, рис. 2). В местах соприкосновения они становятся плоскими. Следует отметить, что 3 наружных эмалевых цилиндра немного сдвинуты вперед по отношению к 3 внутренним.

Коронки обоих коренных зубов сношены. Толстые стенки эмалевых цилиндров сильно стерты, их края закруглены, внутренние сильнее наружных. Ввиду того, что твердость дентина значительно ниже твердости эмали, дентин, заполняющий эмалевый цилиндр, снашивался легче. В результате этого в центре эмалевого цилиндра образуется углубление. Все это является несомненным доказательством того, что к пище животного примешивались минеральные частицы.

Коронка переднего коренного зуба сильно стерта, углубления в эмалевых цилиндрах больше по диаметру. В трех задних цилиндрах внутренэмалевые перегородки отсутствуют, потому что эти цилиндры стерты. Длина коронки этого зуба 42,5 мм, высота 21,2 мм.

Коронка заднего коренного зуба стерта значительно меньше, стенки эмалевых цилиндров очень толстые, углубления в центре их по диаметру небольшие на передних цилиндрах и почти точечные на задних. Длина коронки зуба 42,8 мм, высота 29 мм.

Рис. 2. Kronokotherium brevimaxillare gen. nov. sp. nov. Левая половина нижней челюсти: *а* — вид с внутренней стороны, *б* — вид с наружной стороны, *в* — вид со стороны жевательной поверхности зубов

При сравнении переднего коренного зуба с задним можно заметить, что редний зуб сношен сильнее заднего, это объясняется тем, что он начал нкционировать раньше, чем задний зуб. Таких резцов, которые описаны Desmostylus ([5]), у нашей формы несомненно не было, так как симфильная часть челюсти очень тонкая.

Специфическое строение коренных зубов найденной челюсти позволет отнести ее к представителям семейства десмостилид, отряд сирен ([4]); лько у десмостилид коронка коренного зуба состоит из эмалевых цилинов, заполненных дентином. Как известно, зубы Desmostylus гипсодонтые с толстой эмалью, состоят из 6—7 эмалевых цилиндров. Сравнение бов Desmostylus с зубами нашей формы показывает их поразительное одство. Нижняя челюсть Desmostylus сильно удлиненная, симфизальая часть вытянута вперед и не загнута вниз, резцы хорошо развиты (i_1,). Найденная нами челюсть короткая, высокая, передняя часть ее загну вниз. Эти различия дают право утверждать, что найденную челюсть нести к роду Desmostylus льзя. Зубы описанной формы имеют большое сходство зубами Cornwallius. Этот редставитель десмостилид был описан в 1922 г. Корналлом ([5]) как Desmostylus ookensis. В 1923 г. он был реименован Хеем как Cornallius sookensis. Коренные бы Cornwallius — брахионтные, состоящие из 6—7 низких эмалевых цилиндров, заполненных ентином. Других частей скелета этого животного не было найдено. По троению зубов нашу форму нельзя определить как Cornwallius.

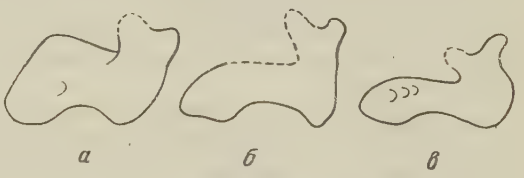


Рис. 1. Нижняя челюсть: *а* — Halicore, *б* — Manatus *в* — Rhytina

Все эти сравнения приводят нас к заключению, что найденный нами бломок является фрагментом нижней челюсти нового представителя семейства десмостилид, для которого мы предлагаем название Kronokotherium brevimaxillare gen. nov., sp. nov.

Современные сиреновые представлены, как известно, тремя родами (рис. 1).

Halicore (дюгонь); нижняя челюсть короткая, довольно высокая, передний участок челюсти загнут вниз, имеется 5—6 щечных зубов, зубы небольшие, коронки низкие, корни отсутствуют.

Таблица 1

	Halicore	Manatus	Rhytina	Kronokotherium
Длина нижней челюсти, мм	205	214	435	—
Высота нижней челюсти под коренными зубами, мм	66,7	51	93	82
Высота подбородочной части нижней челюсти, мм	97,3	65	140	—
Толщина нижнего края, мм	22	26,5	30	21

Manatus (ламантин); нижняя челюсть невысокая, подбородочная часть немного загнута вниз, характерна горизонтальная смена зубов (до 20 зубов в каждом ряду).

Rhytina (морская корова); нижняя челюсть высокая, передняя часть ее загнута вниз, зубы отсутствуют.

Ниже приводится таблица сравнения некоторых измерений у Halicore, Manatus, Rhytina и Kronokotherium (табл. 1).

На территории СССР остатки десмостилид были найдены на Сахалине и Камчатке.

И. П. Хоменко ([2], [3]) описал обломок зуба и акромиальную часть лопатки с западного побережья Сахалина из миоценовых отложений (серт тунайская свита) и определил их как принадлежащие роду Desmostylus. К сожалению обломок зуба плохой сохранности, сильно сношен. Так как по структуре зубов различить Kronokotherium и Desmostylus в настоящее время не представляется возможным, мы не можем решить, принадлежат ли эти остатки тому или другому роду. Кроме того, известны находки отдельных зубов десмостилид с южного Сахалина, описанные Нагао ([4]).

И. Б. Плешаков ([1]) нашел и описал обломок зуба с западного побережья Камчатки (Тигильский район) из отложений кулувенского горизонта ваямпольской свиты и определил его как Desmostylus sp. Этот обломок зуба представляет собой два цилиндра, еще не прижатые друг к другу и в поперечном сечении совершенно круглые, а не многоугольные. Несмотря на небольшую изношенность коронка зуба немного ниже, чем коронка Kronokotherium. По-видимому, этот зуб принадлежал молодому животному. Ввиду большого сходства между зубами Kronokotherium и Desmostylus точно определить систематическую принадлежность находки Плешакова невозможно.

Детальное изучение нижней челюсти Kronokotherium brevimaxillare gen. nov. sp. nov. и сравнение ее с соответствующими частями скелета ископаемых и современных сиреновых показало, что наша новая форма занимает следующее систематическое положение:

Класс **MAMMALIA**

Отряд SIRENIA ILLIGER 1811

Подотряд DESMOSTYLIFORMES HAY 1923

Сем. DESMOSTYLIDAE OSBORN, 1905

Род Kronokotherium gen. nov.

Вид K. brevimaxillare sp. nov.

Стратиграфическое положение. Остатки Kronokotherium brevimaxillare были найдены в низах верхнего отдела тюшевской свиты, выделяемого И. Б. Плешаковым, Д. С. Несвитом и Г. Я. Берсоном в ракитинскую подсвиту. Возраст ракитинской подсвиты по собранной там фауне моллюсков можно датировать в пределах верхи среднего — низы верхнего миоцена. Тем же возрастом датируется верхняя часть ваямпольской свиты (западная Камчатка), где был найден обломок зуба, и серту-найская свита Сахалина, откуда был описан обломок зуба и лопатка. Находки остатков Desmostylus в Северо-Западной Америке (Калифорния) известны в свитах Monterey, Temblor и Briones и в свите Astoria штата Орегон (верхи среднего и низы верхнего миоцена). В Японии остатки Desmostylus характерны для тогарийского яруса (Togarian), встречаются в свите Kawabata Хоккайдо и в других миоценовых слоях.

Фрагмент нижней челюсти Kronokotherium brevimaxillare хранится в Зоологическом институте АН СССР (Ленинград).

Всесоюзный нефтяной научно-исследовательский геолого-разведочный институт

Поступило 29 VI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] И. Б. Плешаков, ДАН, 28, № 4, 373 (1940). [2] И. П. Хоменко, Вестн. Геол. ком., № 3, 21 (1927). [3] J. P. Khomenko, Зап. Росс. минер. общ., 11 сер., ч. 57, в. 1, 140 (1928). [4] J. T. Nagao, Proc. Imp. Acad., 13, № 2, 46 (1937). [5] V. L. Vanderhoof, Univ. Calif. Publ. Bull. Dep. Geol. Sci., 24, № 8, 169 (1937).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ЦИТОЛОГИЯ

Н. А. БОГОМОЛОВА

ЦИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИРАЦИДИЯ FASCIOLA HEPATICA L.

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 8 VII 1957)

Своеобразие развития личиночных стадий дигенетических сосальщиков давно привлекает к себе внимание исследователей. В последние годы появились работы ([1–7]), посвященные изучению зародышевых клеток мирацидиев некоторых видов трематод. В своем большинстве они выполнены на живом материале, и внимание в них уделяется преимущественно расположению зародышевых клеток. Вудхед ([7]) описал наличие у мирацидия Gigantobilharzia huronensis мужских и женских зародышевых клеток. Однако этот вывод, сделанный на основании изучения тотальных препаратов, окрашенных гематоксилином Деляфильда, нельзя считать обоснованным. Для решения столь сложного вопроса необходимо использование более разнообразных, в том числе цитохимических, методов исследования. Между тем такие работы, которые бы могли пролить свет на природу зародышевых клеток личинок трематод, до сих пор не производились.

Объектом настоящего исследования служили мирацидии печеночного сосальщика, описание строения которых приводится в ряде работ ([8–10]).

Мирацидии выводились из яиц, полученных при промывке содержимого желчных пузырей фасциолезного крупного рогатого скота. Яйца переносились в ежедневно сменяемую воду и содержались в темноте при температуре 25—28°. На 12—15 день развивались мирацидии, которые на свету покидали оболочку яйца.

Мирацидии центрифугировались и фиксировались смесями Карнуа, Бранка — Васюточкина, Шампи, Шабадаша, формалином и 0,5% четырехокисью осьмия. Для удобства последующей обработки отцентрифугированные мирацидии склеивались белком куриного яйца и погружались в подогретый раствор Шаудина и далее в 70° спирт. Заливка производилась через хлороформ или бензол в парафин. Срезы изготовлялись толщиною 10 μ. Для изучения цитоморфологической картины препараты окрашивались по Гейденгайну и гематоксилином Бемера с эозином.

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) выявлялась реакцией Фельгена с постановкой контроля без гидролиза, рибонуклеиновая кислота (РНК) — окраской метиловым зеленым с пиронином по Унна и эозин-азуром II. Контролем на РНК служили препараты, обработанные нормальным раствором HCl (60°, 6 мин.) и рибонуклеазой по Роскину.

Кислые и основные белки обнаруживались окраской прочным зеленым при pH 2,2 и 8,5. На гликоген препараты окрашивались по Бауеру; кроме того, использовалась обработка на полисахариды по Хочкиссу. Жир выявлялся после фиксации осьмиевыми фиксаторами.

Нуклеиновые кислоты в теле мирацидия печеночного сосальщика распределены неравномерно. Наибольшее количество ДНК и РНК содержат зародышевые клетки. Последние, тесно прилегая друг к другу, занимают центральную часть тела, кзади от глазка. Большинство зародышевых клеток неправильно треугольной формы, они содержат крупное ядро с одним ядрышком. Размеры зародышевых клеток и их ядер варьируют в широких пределах, так как эти клетки находятся на различных стадиях развития. Нередко встречаются картины митоза.

Рис. 1. Мирацидий Fasciola hepatica. *а* — дезоксирибонуклеиновая кислота; смесь Карнуа, реакция Фельгена; *б* — суммарные белки; формалин, прочный зеленый, pH 2,2; *в* — основные белки; формалин, прочный зеленый, pH 8,5; *г* — рибонуклеиновая кислота; смесь Карнуа, метиловый зеленый с пиронином; *д* — гликоген; смесь Шабадаша, реакция Бауера, светлый зеленый; *е* — полисахариды; смесь Карнуа, реакция Хочкисса; *ж* — жир: смесь Шампи. *1* — зародышевые клетки, *2* — глазок

В паренхиме переднего отдела тела, вокруг пигментного глазка, локализуются небольшие ядра, представляющие, по мнению большинства исследователей, зачаток мозга мирацидия. По периферии тела располагаются вытянутые ядра эктодермы и длинные нитевидные образования, которые, судя по окраске, представляют собой структуры ядерной природы.

При обработке препаратов по Фельгену наиболее интенсивно красятся мелкие ядра зародышевых клеток. По мере увеличения объема ядер интенсивность реакции снижается и ДНК в них выявляется в виде мелких фельгенположительных глыбок, а в более крупных ядрах в виде мелкозер-

истой сеточки. По содержанию ДНК второе место после мелких ядер зародышевых клеток занимают ядра мозга.

Более слабую реакцию на ДНК дают ядра эктодермы. Нитевидные периферические структуры тоже содержат ДНК в значительном количестве (рис. 1*а*).

Зародышевые клетки содержат много белков. Их цитоплазма и ядрышки интенсивно красятся прочным зеленым в кислой среде при pH 2,2 (рис. 1*б*). Все фельгенположительные структуры окрашиваются прочным зеленым при pH 8,5 на основные белки. Цитоплазма зародышевых клеток приобретает в этих условиях слабо диффузную окраску, ядрышки остаются бесцветными (рис. 1*в*). По-видимому, в состав ядрышка входят только кислые белки, что соответствует данным Олферта и Гешвинда ([11]).

Особенно резко выделяются зародышевые клетки содержанием РНК (рис. 1*г*). Цитоплазма их богата этим соединением и интенсивно красится пиронином. Ядрышки менее пиронинофильны. Помимо того, РНК в большем или меньшем количестве входит в состав всех ядер паренхимы мирацидия, располагаясь преимущественно по периферии, а также внутри ядра. Присутствием в ядрах, наряду с ДНК, также РНК объясняется синий тон ядерных структур при окраске по Унна. Нитевидные структуры тоже имеют обкладку из РНК.

Особенностью зародышевых клеток является отсутствие в них запасных питательных веществ, — таких, как полисахариды и жир.

Основная масса более крупных глыбок гликогена локализуется вокруг комплекса зародышевых клеток, глыбки меньшей величины располагаются под покровами средней и задней части тела. В переднем отделе тела включения гликогена весьма незначительны (рис. 1*д*).

Лутта ([12]) указывает на то, что совершенно сформировавшиеся, но еще не вышедшие из яйца мирацидии, содержат больше гликогена, чем свободноживущие. Перед выходом из яйца мирацидий совершает интенсивные движения, требующие большого количества энергии, источником которой может быть гликоген.

Мелкие включения других полисахаридов в основном локализуются тоже вокруг зародышевых клеток и под покровами, но в отличие от гликогена они располагаются еще кзади от пигментного глазка и между отдельными группами зародышевых клеток (рис. 1*е*).

Основные запасы жира находятся между глазком и зоной расположения зародышевых клеток. В этой части тела встречаются капли жира различной величины: от мелких до очень крупных. Вокруг скопления зародышевых клеток обнаруживаются мелкие жировые включения (рис. 1*ж*).

На основании проведенного цитохимического анализа можно высказать предположение о том, что зародышевые клетки мирацидия обнаруживают наибольшее сходство с половыми клетками печеночного сосальщика. Подобно половым клеткам, они богаты РНК, белками и лишены запасных питательных веществ. Однако обнаружить дифференциацию зародышевых клеток на мужские и женские на основании полученных данных не представляется возможным.

Ленинградский санитарно-гигиенический
медицинский институт

Поступило
29 VI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] A. E. Woodhead, Trans. Am. Micr. Soc., **50**, 169 (1931). [2] H. F. Price, Am. J. Hyg., **13**, 685 (1931). [3] J. E. Lynch, J. Micr. Sci., **76**, 13 (1933). [4] A. T. Najim, J. Parasitol., **36**, 19 (1950). [5] P. G. Seitner, J. Parasitol., **37**, 223 (1951). [6] A. E. Woodhead, Trans. Am. Micr. Soc., **73**, 16 (1954). [7] A. E. Woodhead. Trans. Am. Micr. Soc., **74**, 1, 33 (1955). [8] R. Leuckart, Arch. f. Naturgesch., **48** 80 (1882). [9] W. Schubmann, Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ontogenie d. Tiere, **21**, 1, 571 (1904). [10] W. Ortmann, Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ontogenie d. Tiere, **26**, 1, 255 (1908). [11] M. Alfert, I. I. Geschwind, Proc. Nat. Ass. Sci. USA, **39**, № 10, 991 (1953). [12] А. С. Лутта, Уч. зап. ЛГУ, сер. биол., № 43, 129 (1939).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ГИСТОЛОГИЯ

В. Ф. ПЧЕЛЯКОВ

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ТКАНЕЙ РОГОВИЦЫ ГЛАЗА В ОРГАНИЗМЕ

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузеном 8 VII 1957)

Методом культивирования тканей и органов в организме по Ф. М. Лазаренко ([2]) исследованы эпителии различного происхождения и ряд эпителиальных органов. Культивирование тканей роговицы в организме по этому методу проводится впервые. Подопытными животными были кролики. Донорами служили новорожденные и взрослые кролики, реципиентами — кролики в возрасте от 3 мес. до 1 года.

Роговицу отделяли от глазного яблока по лимбу, промывали в трех порциях жидкости Тироде и измельчали на частички размером 0,5—1 мм². Имплантация проводилась в подкожную клетчатку брюшной стенки. Исследованы стадии 2, 6, 12, 18 час. и 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 14, 30 суток. На каждую стадию поставлено 3—4 опыта. Для фиксации применялась жидкость Ценкера. Парафиновые и целлоидиновые срезы окрашивались преимущественно железным гематоксилином по Гейденгайну, комбинированным методом (железной гематоксилин и смесь Маллори), гематоксилином Бёмара с пикроиндигокармином и др.

После имплантации измельченной роговицы в подкожную клетчатку в окружающей соединительной ткани реципиента развивается воспалительный процесс, способствующий пролиферативным процессам подсаженных тканей роговицы. В последних вначале преобладают регрессивные процессы. Отечная жидкость пропитывает подсаженный материал, способствуя его набуханию. Пластинчатая соединительная ткань роговицы подвергается деструкции. Частично этому способствуют мигрировавшие к очагу раздражения лейкоциты.

Травмированные ткани роговицы, располагаясь в соединительной ткани реципиента, испытывают новые воздействия. Выключенные из обычных естественных нейрогуморальных условий регуляции, ткани роговицы на ранних стадиях находятся лишь под гуморальным воздействием тканей реципиента.

Пластинчатое собственное вещество роговицы разволакивается, часть клеточных элементов соединительной ткани и эпителия отмирает. В дальнейшем (через 6 час.) клеточные элементы тканей донора (преимущественно эпителий) активизируются. Эпителий в пролиферативном состоянии начинает эпителизировать собственную соединительную ткань. Это свойство эпителия роговицы покрывать свободные поверхности тканей достигает при имплантации наибольшего выражения. В силу этого организация имплантата соединительнотканными элементами несколько замедляется. Она происходит, в отличие от других органов, путем миграции соединительнотканных клеток реципиента, без участия клеточных элементов роговицы. Около имплантата развивается соединительнотканная кап-

сула, не достигающая такого развития, как при культивировании других органов с наличием эпидермального эпителия.

Активизированный эпителий роговицы вначале разрастается по собственной отечной соединительной ткани. Хотя последняя и находится в измененном состоянии, но пролиферации ее соединительнотканных элементов не отмечается *. Эпителий роговицы разрастается и покрывает значительную поверхность собственного вещества роговицы. При этом эпителий может пролиферировать по пучкам соединительной ткани, расположенным под углом к эпителиальному пласту. Пролиферирующие пласты, вследствие быстрого разрастания в благоприятных трофических и температурных условиях, не достигают большой толщины. Нередко эпителиальный пролиферирующий пласт временно имеет однослойное расположение клеток. Граничащие с пролиферирующим эпителием целлоидиновые инородные тела не вызывают образования эпителиального пласта защитного характера (с наличием рогового слоя), как это типично для эпидермиса.

На более поздних стадиях разрастающийся эпителий приобретает полярность (рис. 1), выделяются базальный, средний и поверхностные слои клеток. Последние образованы плоскими клетками без признаков ороговения, хотя и граничат с инородным телом. Эпителий, разрастаясь по поверхности, выполняет все неровности подлежащей ткани, что является сохраняющейся и в условиях культивирования в организме особенностью эпителия роговицы.

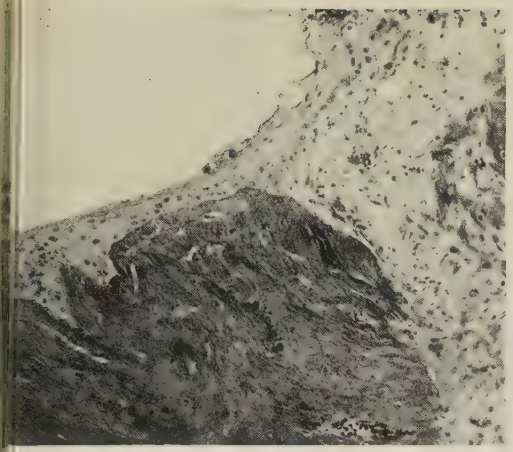
Соединительная ткань роговицы при культивировании резко выделяется плотностью строения на фоне рыхлой ткани реципиента, что облегчает наблюдение за ее реактивностью. Особенностью соединительной ткани роговицы является ее позднее вступление в состояние пролиферации. Молодые клетки типа фибробластов образуют синцитиальную структуру (рис. 2), напоминая в некотором отношении цитотипический рост при эксплантации. Но и в этот период в плотной соединительной ткани отмечается еще небольшое количество иммигрировавших клеточных элементов, проникших из ткани реципиента. Даже при врастании сосудов клеточные элементы располагаются вблизи сосудов.

При соприкосновении с новообразованной тканью реципиента эпителий разрастается далее по ее поверхности (рис. 1). Строение эпителиального пласта, растущего по новообразованной соединительной ткани, не отличается от эпителия, расположенного на собственной соединительной ткани.

Пролиферирующий эпителий способен разрастаться и по старой ткани реципиента, находящейся в воспалительном состоянии. Эпителий при этом состоит из немногих слоев и не может функционировать длительное время, вскоре подвергаясь распаду. Часто между эпителием и соединительной тканью имеется фибриновая прослойка. По этой фибриновой сетке также может расти эпителий (рис. 3), приобретая при этом некоторую дифференцировку и вертикальную анизоморфность. Никогда не наблюдалось в условиях культуры выселения камбиальных элементов из эпителиального слоя и их миграции, описанных С. И. Щелкуновым ([4]).

При культивировании роговицы образуются кистообразные структуры путем замыкания пролиферирующего пласта. Характерно, как и для других эпидермальных эпителиев, образование жемчужин. Последние могут формироваться в новообразованной соединительной ткани реципиента и в соединительной ткани роговицы. Чаще они встречаются на поздних стадиях культивирования и являются структурами, длительно сохраняющимися при имплантации. В результате дифференцировки сферических образований возникают структуры с проявлением органных специфических черт (рис. 4). Эпителиальный пласт этих жемчужин напоминает строение

* Роговица представляет собой исключительно благоприятный объект, позволяющий в условиях культуры в организме четко различить соединительную ткань имплантата от соединительной ткани реципиента.



1. Дифференцированный эпителиальный пласт на
тивенной соединительной ткани роговицы и на
робразованной ткани реципиента. (Донор 9 мес.,
ипиент 1 год. Стадия 6 сут. Ценкер. Железный
атоксилин и смесь Маллори. Об. апохр. 8 мм,
комп. ок. 5×)

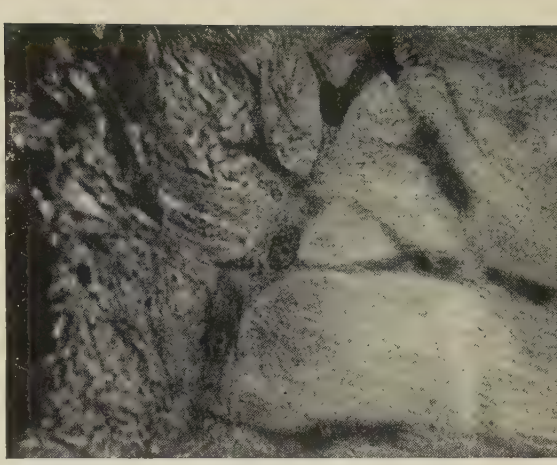


Рис. 2. Синцитиальная связь фибробластов. (Донор 2 мес.
реципиент 3 мес. Стадия 40 час. Ценкер. Железный гема
токсилин. Об. апохр. 4 мм, комп. ок. 5 ×)

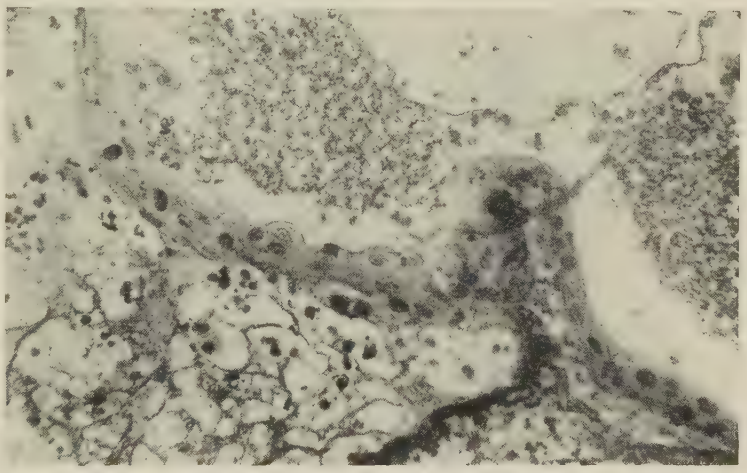


Рис. 3. Эпителиальный пласт на фибриновой пленке. Донор 2 мес., реципиент 3 мес. Стадия 40 час. Ценкер. Железный гематоксилин. Об. апохр. 4 мм, комп. ок. 5×)

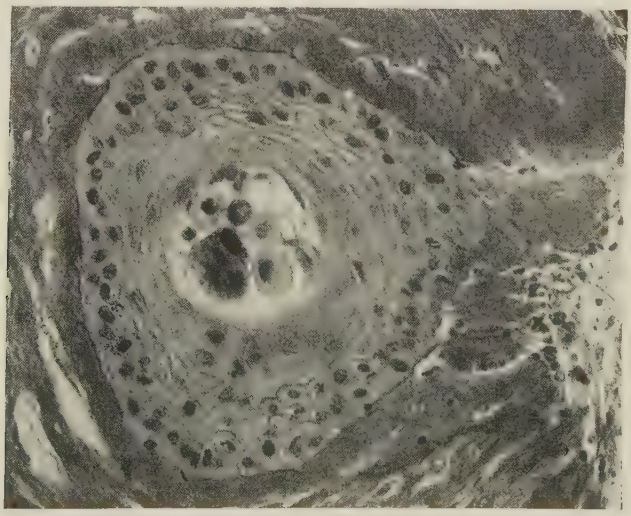


Рис. 4. Сферическая структура эпителия роговицы с центральным распадом клеток. (Донор 9 мес., реципиент 1 год. Стадия 14 сут. Ценкер. Железный гематоксилин и смесь Маллори. Об. апохр. 4 мм, комп. ок. 5×)

эпителия роговицы. Центрально расположенные клетки подвергаются распаду. На поздних стадиях эпителий совсем распадается.

Соединительная ткань роговицы прорастает кровеносными сосудами и инфильтрируется клеточными элементами. Но ряд специфических органных признаков, как плотность расположения волокнистых образований, своеобразие клеточного состава, неизменность десцеметовой оболочки, сохраняются длительное время.

Культивирование в организме показывает ряд свойств эпителия роговицы, общих с другими эпидермальными эпителиями, характеристика которых дана была Н. Г. Холопиным ([3]): рост многослойным пластом верная анизоморфность при замедлении пролиферативных процессов, образование эпителиальных жемчужин. Вместе с тем в поведении эпителия роговицы в условиях культуры проявляются и ее специфические особенности: быстрый рост эпителия, временное образование однослойных пластов при активном росте отсутствие роговых напластований. Эти специфические свойства отражают дивергентную эволюцию, проявляющуюся внутри группы эпидермальных эпителиев ([1]).

Ленинградский ветеринарный
институт

Поступило
3 VII 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] З. С. Кацнельсон, Тез. докл. 2 Укр. конфер. морфологов, Харьков, 1956, стр. 125—126. [2] Ф. М. Лазаренко, Арх. биол. наук, **34**, 5—6, 707 (1934); Арх. анат., гистол. и эмбриол., **21**, 1, 45 (1939); Тр. Гистол конфер., Л., 1947, стр. 145—149; Тр. 5 Всесоюзн. съезда анат., гистол. и эмбриол., 1949, стр. 56—62. [3] Н. Г. Хлопин, Общебиологические и экспериментальные основы гистологии, Л., 1945. [4] С. И. Щелкунов, Тр. Ленингр. сан.-гиг. мед. инст., **16**, 75 (1953).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ГИДРОБИОЛОГИЯ

А. К. ГЕЙНРИХ

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНКТОНА В РАЙОНЕ К ЮГО-ВОСТОКУ ОТ БОНИНСКИХ ОСТРОВОВ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 27 VI 1957)

Вертикальное распределение планктона в тропической области Тихого океана изучено совершенно недостаточно и до сих пор исследовалось главным образом у берегов над небольшими глубинами ([4], [5]), или это были попутные заметки в работах по систематике ([6]).

Материалом для настоящей работы послужили сборы планктона на двух станциях экспедиционного судна «Витязь», расположенных к юго-востоку от Бонинских островов (ст. 3503, 23°10′ с. ш. и 145° з. д.и ст. 3501, 24°5′, 144°5′). Планктон собран 12—14 X 1955 г. сетью Джеди с диаметром отверстия 80 см и конусом из мельничного сита № 38. На ст. 3503 работы производились в светлое время в 16—18 час., на ст. 3501 в 22^{40}—0^{30} час. Облов производился по стандартным горизонтам на первой станции до 500 м, на второй до 200 м. Обе станции расположены в районе, занятом субтропической водной массой. Температура и соленость воды на них почти одинакова. На поверхности воды температура превышает 28° и постепенно уменьшается с глубиной, на глубине 200 м она около 20°, а на глубине 500 м она около 10°. Обе станции имеют и очень близкий фаунистический состав копепод, поэтому они могут быть использованы для сравнения распределения планктона в разное время суток. На ночной станции можно наблюдать максимальный в течение суток подъем планктона, а на вечерней — вероятно, уже начало подъема.

Общая численность планктеров составляла на ст. 3503 64 экз/м³, на ст. 3501—184 экз/м³. Численно резко преобладают копеподы, составляя 81 и 86%. Gimnoplea и Podoplea представлены численно приблизительно поровну. В светлое время суток максимальная концентрация копепод была в слое 50—100 м, а в темное время в слое 0—25 м (рис. 1), что было результатом вертикальной суточной миграции. То же справедливо для Appendicularia, Chaetognatha и общей численности планктеров. Самыми многочисленными видами среди Calanoida * (учтены только взрослые, так как только они могут быть определены точно до вида) были: Clausocalanus arcuicornis, Paracalanus aculeatus, P. nanus, Pleuromamma gracilis, Mecynocera clausi, Acartia negligens, Lucicutia flavicornis, Haloptilus longicornis, Clausocalanus furcatus, Pleuromamma abdominalis.

Для Calanoida (взрослых и копеподитных стадий вместе) была вычислена биомасса. Определение индивидуального веса производилось по длине тела, для чего была использована формула М. М. Камшилова ([3]). Биомасса Calanoida на ст. 3503 для слоя 0,500 м составляла 0,8 мг/м³, а на ст. 3501 для слоя 0—200 м 2 мг/м³. Она резко отличается от биомассы в умеренных широтах, например в Беринговом море, где в осеннее время ([2]) она составляет 100—200 мг/м³. Максимальная биомасса на станции, сделанной в светлое время, была в слое 50—100 м, а на станции, сделанной

* Пользуюсь случаем выразить благодарность К. А. Бродскому за помощь при определении копепод.

в темное время, в слое 0—25 м (рис. 1). На рис. 2 показан состав биомассы взрослых Calanoida на ст. 3503 в 0—500 м. В отличие от умеренных и высоких широт, где резко преобладает по биомассе один-три вида, здесь значительная часть биомассы приходится на многочисленные виды, роль

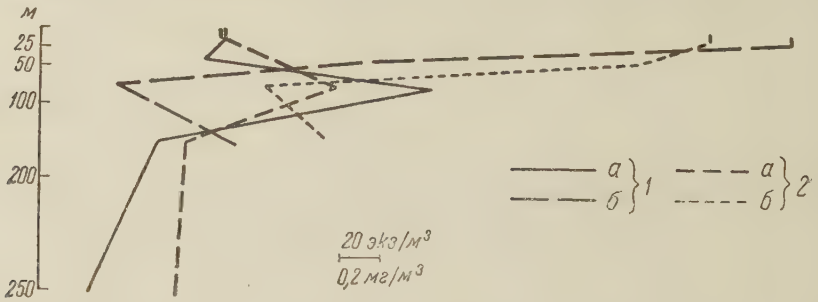


Рис. 1. Вертикальное распределение общей численности копепод и биомассы Calanoida. *1* — численность, *2* — биомасса; *а* — на станции, взятой в светлое время, *б* — на станции, взятой в темное время суток

каждого из которых очень мала. Биомасса даже самых важных видов не превышает 15%. Для ст. 3501 кривая имеет такой же характер. Важнейшие виды: Pleuromamma abdominalis, Haloptilus longicornis, Euchaeta marina, Pleuromamma xiphias, Lucicutia flavicornis, Euchaeta media, Pleuromamma gracilis. Все вместе они составляют 60% общей биомассы взрослых Calanoida.

Питание копепод в тропиках еще никем не исследовалось. Но по строению ротовых придатков семейства Euchaetidae, Candaciida, Heterorhabdidae и Angaptilidae должны быть отнесены к хищникам. В расположенной в умеренной области части Тихого океана и в Беринговом море в слое 0—500 м значение этих хищных семейств очень мало биомасса их колеблется от долей процента до нескольких процентов. Основную часть биомассы копепод составляют растительноядные виды. На ст. 3503 биомасса представителей этих 4 семейств (взрослых и копеподитных стадий вместе) составляла 31% от общей биомассы Calanoida. Среди встреченных нами представителей этих семейств — виды часто встречающиеся и сравнительно многочисленные и по данным других авторов. Очевидно, в тропиках повышается роль хищных копепод, что связано с недостатком растительной пищи.

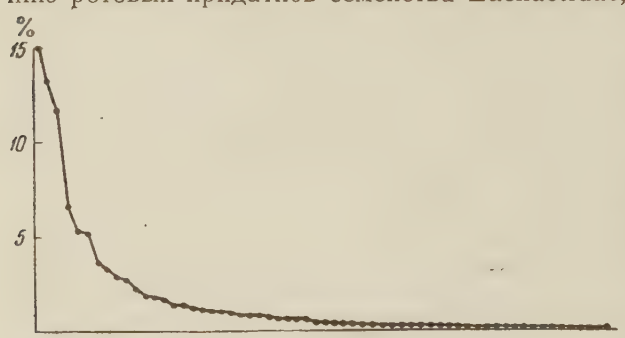


Рис. 2. Состав биомассы взрослых Calanoida. Точки — виды, расположенные в порядке убывания их биомассы, которая выражена в процентах к общей биомассе

В разных горизонтах по биомассе доминируют разные виды копепод (табл. 1). Для дальневосточных морей и северной умеренной области Тихого океана подобное явление было отмечено М. Е. Виноградовым ([1]) — каждый вид доминирует в одном каком-нибудь горизонте, а в другом имеет подчиненное значение. Благодаря этому снижается острота пищевой конкуренции. В тропиках это явление выражено еще более резко. Вид доминирующий в одном горизонте, в другом может иметь совсем ничтож-

тое значение (табл. 1). Это позволяет копеподам полнее использовать пи-щевые ресурсы, которые в тропической области малы, и уменьшить конку-ренцию друг с другом. Как видно из табл. 2, на исследованных станциях

Таблица 1

Порядковое место, занимаемое копеподами по биомассе на ст. 3501

Виды	Горизонт			
	0—22 м	22—70 м	65—100 м	111—211 м
Lucicutia flavicornis	1	4	8	4
Undinula darwinii	2	8	14	17
Paracalanus nanus	3	21	отс.	отс.
Acartia negligens	4	31	»	»
Pleuromamma gracilis	14	1	4	6
Pleuromamma abdominalis	отс.	2	5	11
Euchirella messinensis	»	3	отс.	отс.
Euchaeta media	»	отс.	1	1
Clausocalanus arcuicornis	24	11	2	7
Euchaeta acuta	отс.	отс.	3	отс.
Peuromamma xiphias	»	»	отс.	2
Undeuchaeta plumosa	10	13	»	3

бнаружилось несколько типов распределения копепод. У первых четырех видов максимальная концентрация и в светлое (вечернее) время, и в полночь была в слое 0—25 м. Некоторые из этих видов ниже 100 м отсутствуют, у других ниже 100 м концентрация ничтожна. Из Podoplea таково же распределение у Corycaeus speciosus, C. clausi и Macrosetella gracilis. Undinula darwini в светлое время имела максимальную концентрацию глубже — в 25—50 м, а к полночи поднялась в слой 0—25 м.

У второго типа копепод в светлое время максимальная концентрация наблюдалась в слое 50—100 м, а в полночь в слое 0—25 м. Это Nannocalanus minor, Paracalanus nanus, Calocalanus pavo и Lucicutia flavicornis.

Таблица 2

Вертикальное распределение взрослых копепод

Виды	Ст. 3503, 16—18 час.					Ст. 3501, $22^{40}-0^{30}$ час.			
	0—29 м	29—55 м	54—101 м	101—204 м	220—589 м	0—22 м	22—70 м	65—100 м	111—211 м
Acrocalanus gracilis	м	+				м			
Calocalanus plumulosus	м	+	+	+	+	м	+	+	
Euchaeta marina	м	+	+		+	м	+		
Acartia negligens	м	+	+			м	+		
Undinula darwini	+	м			+	м	+	+	+
Nannocalanns minor		+	м			м	+		
Paracalanus nanus		+	м			м	+		
Calocalanus pavo	+	+	м			м	+	+	
Lucicutia flavicornis			м	+	+	м	+	+	+
Pleuromamma abdominalis					+		м	+	+
Pleuromamma gracilis					+	+	м	+	+
Candacia longimana					+		м		+
Candacia truncata	+	м	+			+	м	+	+
Mecynocera clausi			м	+			+	м	+
Heterorhabdus papilliger			м	+	+	+	+	м	+
Clausocalanus arcuicornis	+	+	м	+	+	+	+	м	+
Paracalanus aculeatus	+	+	м				+	м	+
Candacia bispinosa			м				+	м	+
Acartia danae			м	+	+		+	м	+
Euaetideus giesbrechti				м	+				+
Temoropia mayumbaensis				м	+			+	м
Haloptilus longicornis				м	+		+		м

Примечание: м — концентрация данного вида максимальная; «+» — вид обнаружен.

По литературным данным ([6], [5]), у Nannocalanus minor и Lucicutia flavicornis такое же распределение в полдень, как по нашим данным в 16—18 ча

Из Podoplea близкое к этому распределению у Lubbockia squilliman в светлое время максимальная концентрация в 50—100 м, а в полноч в 25—50 м. Pleuromamma abdominalis, P. gracilis и Candacia longimar могут быть отнесены к следующему типу. В светлое время они были обн ружены только ниже 200 м, в полночь максимальная концентрация прих дилась на слой 22—70 м. Это виды с большой амплитудой и, вероятн с большой интенсивностью миграции. У V стадии Pleuromamma abdom nalis максимальная концентрация тоже перемещалась к полуночи и 200—500 в 25—50 м, но в отличие от взрослых некоторое количество и ночью было обнаружено и в 0—25 м. У Pleuromamma gracilis вертикал ное распределение V стадии сильнее отличается от распределения взро лых особей. В светлое время у V стадии максимальная концентрация слое 50—100 м, в меньшем количестве она наблюдается в слоях 100- 200 и 200—500 м, в темное время максимальная концентрация в сло 0—25 м, но рачки встречались и в горизонтах 50—100 и 100—200 м. Вил сон ([6]) также отмечает подъем этих двух видов ночью в поверхностны слои.

Candacia truncata в нашем материале имела и в светлое и в темно время максимальную концентрацию в 25—50 м. Согласно Вильсону, ночь она может подниматься к поверхности.

У следующих видов Calanoida: Mecynocera clausi, Heterorhabdus papi liger, Clausocalanus arcuicornis, Paracalanus aculeatus, Candacia bisp nosa, Acartia danae и у Oithona plumifera — максимальная концентраци и в светлое, и в темное время была в слое 50—100 м. Вильсон т же находил эти виды в большем количестве в ловах с 50 и 100 м, чем поверхности. У Euaetideus giesbrechti, Temoropia mayumbaensis и Halop tilus longicornis максимальная концентрация наблюдалась в слое 100- 200 м в светлое время, и в верхних 100 м они отсутствовали. В темно время максимальная концентрация была в том же слое. У Haloptilu longicornis было прослежено поведение V, IV, III и II копеподитных ста дий — все они обитают в тех же горизонтах и имеют максимальную кон центрацию там же, где и взрослые особи. Вильсон не находил этих видо в поверхностных ловах.

Pleuromamma xiphias и Plyllopus helgae в светлое время были обна ружены только в 200—500 м, а ночью были встречены в 100—200 м V стадия Pleuromamma xiphias была ночью обнаружена в слое 50—10 и 100—200 м. Вильсон не находил этих видов в верхних 100 м. Вероятн основное место их обитания находится глубже 200 м. Сходно распреде ление у Conaea rapax: она была довольно многочисленна вечером в сло 200—500 м, но выше и вечером, и ночью отсутствовала. Oncaea conifer интересна тем, что она встречается глубже 200 м и в умеренной зон на вечерней станции была встречена только в слое 200—500 м, а ночь была обнаружена в слое 50—100 м.

Таким образом, вертикальное распределение взрослых копепод очен разнообразно, и у многих видов среди наиболее многочисленных копепо взрослые особи в период с 16—18 час. до полуночи не совершают значи тельных по амплитуде миграций.

Институт океанологии
Академии наук СССР

Поступило
23 I 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] М. Е. Виноградов, Вертикальное распределение и миграции зоопланктон в Беринговом и Охотском морях и северо-западной части Тихого океана, Кандида ская диссертация, 1955. [2] М. Е. Виноградов, Тр. Всесоюзн. гидробиол. общ 7 (1957). [3] М. М. Камшилов, ДАН, 76, № 6 (1951). [4] G. P. Farran, Sci. Re Great Barrier Reef Exped., 2, 9 (1949). [5] S. Motoda, M. Anraku, Records Oceanogr. Works in Japan. 2, 1 (1955). [6] Ch. Wilson, Sci. Res. of Cruise of t Carnegie during 1928—1929, Biol., 1, (1942).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ГИДРОБИОЛОГИЯ

Е. Ф. МАНУЙЛОВА

К ВОПРОСУ О ДИНАМИКЕ ЗООПЛАНКТОНА В ОЗЕРАХ И ВОДОХРАНИЛИЩАХ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 26 VI 1957)

Существующие методы исследования продуктивности зоопланктона состоят, главным образом, в учете остаточной биомассы. Известно, что на основании последней, без выявления значения факторов убыли (выедания и отмирания) и условий размножения отдельных организмов, очень трудно судить о количественной стороне продукции зоопланктона. Однако для суждения об общем направлении процесса продуцирования зоопланктона в водоеме данные по биомассе, при наблюдениях над ее сезонными колебаниями, с успехом могут быть использованы.

Вопрос о продуцировании зоопланктона нельзя рассматривать, не учитывая развития фитопланктона. Известно, что евтрофные, богатые зоопланктоном озера, характеризуются интенсивным «цветением» воды. Наряду с этим многие наблюдали, что период массового развития синезеленых водорослей часто сопровождается очень низкой численностью зоопланктона. Имеются также данные о существовании антагонизма между синезелеными водорослями и бактериями ([1], [5]), что должно иметь значение для обеспеченности пищей многих организмов зоопланктона, особенно фильтраторов. В числе ряда факторов, определяющих динамику пресноводного планктона, Пеннак ([6]) также придает значение вопросу о взаимоотношениях зоо- и фитопланктона.

Учитывая недостаточную изученность отдельных звеньев пищевой цепи в водоемах, мы, тем не менее, считаем возможным обратить внимание на некоторые общие закономерности процесса продуцирования зоопланктона в водоемах умеренной полосы. Для этого мы используем собственные наблюдения на ряде озер и на Рыбинском водохранилище.

Исследованные водоемы — пять озер Новгородской области (Валдайское, Заозерье, Заперечье, Завидечье, Ильмень), одно Калининской (Коломенское) и Рыбинское водохранилище находятся в сходных климатических условиях.

В трех озерах (Заперечье — лишенное притоков, сильно заросшее водной растительностью, Завидечье — слабо дистрофное с небольшими болотистыми притоками, Валдайское — глубоководное, слабопрогреваемое) в летний период массового развития синезеленых водорослей, достигающее «цветения», не наблюдается. В Валдайском озере довольно сильная весенняя вспышка диатомовых (Melosira) сменяется периодом очень незначительного развития водорослей, среди которых преобладают (с количеством клеток не более 150 в 1 см^3) Dinobryon, Oscillatoria и Anabaena (наши наблюдения 1950 г.). В оз. Заперечье в период наших исследований (1951 г.) общее число клеток водорослей не превышало: весной — диатомовые 1 тыс., синезеленые 2 тыс. клеток в 1 см^3; в июле — синезеленые (преобладала Anabaena) 500 клеток в 1 см^3. В оз. Завидечье весной и летом (1951 г.) в планктоне господствовали диатомовые водоро-

сли (Melosira, Asterionella, Tabellaria). В зоопланктоне оз. Валдайског в весенне-летний период преобладают относительно холодолюбивы Cladocera (Daphnia cristata и Bosmina obtusirostris lacustris) и Cala hoida, в оз. Заперечье — Dia ptomus gracilis и D. graciloides, оз. Завидечье — Daphnia cristata Diaphanosoma brachyurum и Dia ptomus graciloides. Несмотря н различия в планктоне этих озер общее направление продуцирова ния зоопланктона в них сходн (рис. 1). В соответствии с насту плением периода наиболее интен сивного прогревания, биомасс зоопланктона здесь достигает мак симума в июле—начале август (отличаясь сравнительно невысо кими показателями) *. При сход ных термических условиях в оз Заозерье ** продуцирование зоо планктона имеет совершенно ино направление (рис. 2). Это слабо проточное, мелководное (глубин не превышает 6 м) озеро характе ризуется «цветением» воды, которое летом 1951 г. было особенно интен сивным (при массовом развитии Aphanizomenon). В динамике биомасс зоопланктона в оз. Заозерье наблюдается два подъема — весенний (в ию не) и позднелетний (в августе), разделенные периодом ясно выраженног падения. Массовые виды Cladocera (Daphnia cristata, Daphnia cucullata, Bosmina coregoni, Bosmina crassicornis), составляющие основную часть биомассы зоопланктона, в период максимального развития синезеленых водорослей (июль) имеют низкую численность.

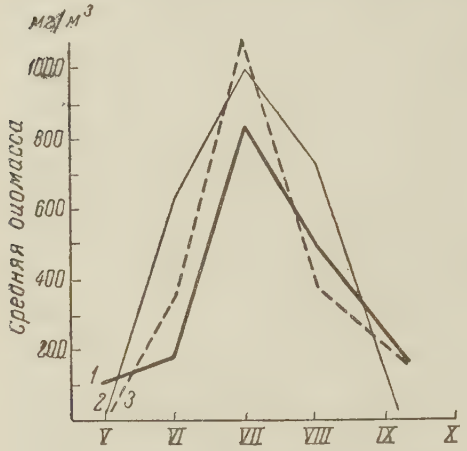


Рис. 1. Динамика биомассы зоопланктона в озерах Новгородской обл. *1* — Завидечье (1951 г.), *2* — Заперечье (1951 г.), *3* — Валдайском (1950 г.)

В сходном с этим озером по морфометрии и гидрологическому режиму оз. Коломенском в динамике биомассы зоопланктона выявляется такая же двувершинность (рис. 2). Во время интенсивного «цветения» воды в июле (которое здесь вызывается, главным образом, развитием Microcystis и Anabaena) преобладающие в зоопланктоне Cladocera (Daphnia cristata. Daphnia cucullata, Bosmina coregoni, Chydorus sphaericus) имею низкую биомассу, и в ее динамике, так же как и в оз. Заозерье, бывае два подъема — один в июне, другой в августе.

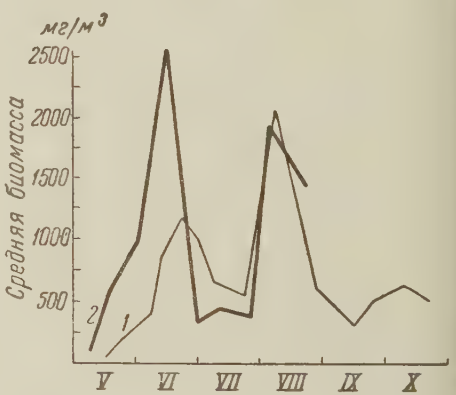


Рис. 2. Динамика биомассы зоопланктона в оз. Коломенском, Калининской обл. в 1947 г. (*1*) и в оз. Заозерье Новгородской обл. в 1951 г. (*2*)

Подобная этим озерам двувершинность биомассы зоопланктона на блюдается в Центральном плесе Рыбинского водохранилища (рис. 3) Основную часть биомассы зоопланктона в этой части водохранилища со ставляют Daphinia longispina и Bosmina coregoni longispina. В сезон

* Зоопланктон в этих озерах интенсивно выедается главным образом молодьк окуня.

** Расположено в 2—3 км от озер Завидечье и Заперечье.

ном ходе развития этих форм имеются два достаточно хорошо выраженных максимума — первый в июне, второй в конце лета (в 1954 г. в августе). Трехгодичные наблюдения показали, что это явление повторяется ежегодно, хотя время наступления периодов массового размножения может изменяться в зависимости от термических условий года. Так, очень медленное прогревание холодной весной 1955 г. вызвало смещение весеннего максимума на конец июня — начало июля и соответственно сдвинуло на

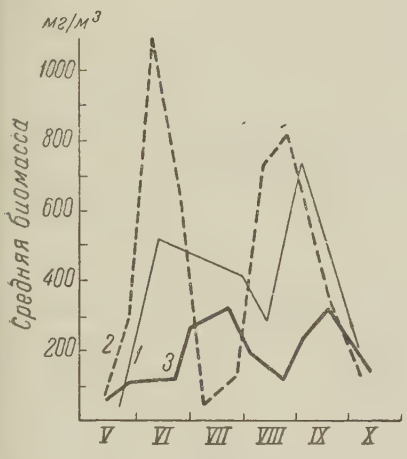


Рис. 3

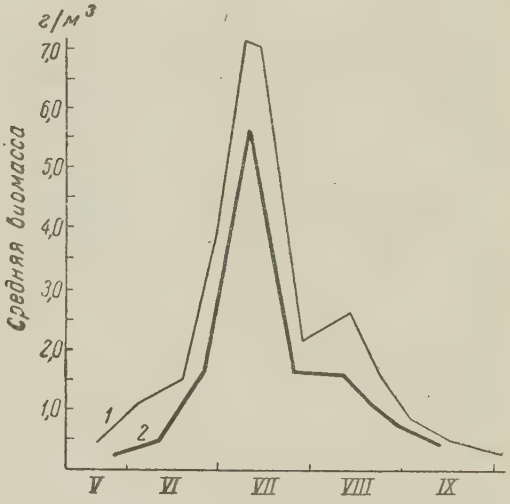


Рис. 4

Рис. 3. Динамика биомассы зоопланктона в Центральном плесе Рыбинского водохранилища в 1953 г. *(1)*, 1954 г. *(2)*, 1955 г. *(3)*

Рис. 4. Динамика биомассы зоопланктона в оз. Ильмене в 1952 г. *(1)* и в нижнем плесе р. Шуморовки (притока Рыбинскоге водохранилища в 1954 г.) *(2)*

более поздний срок наступление второго максимума*. Массовое развитие названных форм определяет двувершинный характер кривой динамики биомассы зоопланктона в Центральном плесе Рыбинского водохранилища (рис. 3). По исследованиям Гусевой ([2]), «цветение» воды (с преобладанием Aphanizomenon и Anabaena) в этой части водохранилища происходит в июле, однако в сентябре — октябре оно может быть еще более значительным.

Колебания биомассы Cladocera в оз. Заозерье (наши наблюдения 1951 г.) мы связывали с изменениями численности бактерий ([3]). Общее число бактерий было особенно низким в июне — в период нарастания количества синезеленых водорослей. В дальнейшем, в июле, во время массового развития последних, численность бактерий оставалась также небольшой. В Рыбинском водохранилище, так же как в оз. Заозерье, заметное падение численности бактерий происходит в июне ([4]). В период массового развития зоопланктона в августе 1954 г. в ряде участков Центрального плеса был четко выражен подъем бактериальной кривой.

Учитывая значение бактериальной пищи в жизни Cladocera и возможность отрицательного действия синезеленых водорослей на развитие бактерий, на основании выявляющегося сходства динамики биомассы зоопланктона ** в водохранилище и в озерах Заозерье и Коломенское, мы предполагаем, что в этих водоемах ослабление процесса продуцирования зоопланктона в летнее время связано с «цветением» воды.

Однако не во всех районах Рыбинского водохранилища и не во всех

* Постоянные наблюдения проводились в 1953 г. 1 раз в 1—1,5 месяца, в 1954—1955 гг. около 2 раз в месяц.

** Cladocera составляют основную часть биомассы зоопланктона во всех этих водоемах.

водоемах, характеризующихся «цветением» воды, наблюдается двувершинный характер продуцирования зоопланктона.

В нижних плесах рек *, питающих Рыбинское водохранилище, динамика сезонных изменений биомассы зоопланктона иная, чем в Центральном плесе. Наши наблюдения в р. Шуморовке (небольшой приток Волжского отрога, богатый биогенами и азотистыми соединениями) в 1954—1955 гг. показали, что несмотря на постоянные значительные колебания зоопланктона наиболее интенсивное его продуцирование (судя по средним биомассы за 2—3 наблюдения в декаду) происходит в июле и совпадает с периодом наиболее сильного развития синезеленых водорослей (Aphanizomenon, Microcystis, Anabaena). В это время здесь достигают максимальной численности массовые формы зоопланктона — Daphnia cucullata, Bosmina coregoni coregoni, Mesocylops othonoides, ряд коловраток и инфузорий.

В период интенсивного летнего «цветения» воды в июле максимум развития зоопланктона наблюдается не только в р. Шуморовке, но также в р. Волге (массовое развитие Daphnia longispina), р. Мологе (Весьегонский плес — массовое развитие Daphnia longispina) и, по-видимому, других мелких притоках. То же, по всей вероятности, имеет место в рекообразном Угличском, а также и Иваньковском водохранилищах, где в июле (наши наблюдения 1954 г.) биомасса зоопланктона, по сравнению с Центральным плесом Рыбинского водохранилища, достаточно высокая, несмотря на «цветение» воды, и, очевидно, является максимальной для весенне-летнего периода.

Совпадение периодов наиболее интенсивного продуцирования зоопланктона и синезеленых водорослей также свойственно оз. Ильмень, обладающему значительной проточностью благодаря наличию многих крупных (рр. Ловать, Мста, Шелонь) и мелких притоков и мощного истока (р. Волхов). Приводимые нами данные (рис. 4), относящиеся к району озера, который находится под влиянием реки Мсты, показывают, что периодом максимального продуцирования зоопланктона здесь является июль, когда и синезеленые водоросли (обычно Aphanizomenon и Anabaena, в 1952 г.— Anabaena, Gomphosphaerium) развиваются в массовых количествах. В это время в Ильмене очень большой численности достигают Daphnia cucullata, Limnosida frontosa ** и Diaptomus graciloides. После июльского, очень высокого максимума биомасса зоопланктона никогда уже не достигает таких высоких показателей.

Наблюдения над сезонной динамикой биомассы зоопланктона в оз. Ильмене и участках Рыбинского водохранилища, находящихся под влиянием рек, позволяют предполагать, что продуцирование зоопланктона находится в связи с поступлением с речными водами питательных веществ и особенностями их круговорота в самой реке.

Изложенное нами является первой попыткой некоторого обобщения данных по динамике зоопланктона с целью создания представления о процессах его продуцирования. Более основательное познание последних является существенной частью еще очень слабо изученного вопроса круговорота органического вещества в водоеме.

Научно-исследовательская биологическая
станция «Борок» им. Н. А. Морозова
Академии наук СССР

Поступило
18 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] К. А. Гусева, Тр. Всесоюзн. гидробиол. общ., 4 (1952). [2] К. А. Гусева, Тр. Биостанции «Борок», 2 (1955). [3] Е. Ф. Мануйлова, ДАН, 90, № 6 (1953). [4] М. И. Новожилова, Микробиология, 24, в. 6 (1955) [5] А. С. Разумов, Вопросы санитарной бактериологии, 1948. [6] R. Pennak, Ecol. Monogr., 16, № 4 (1946).

* Реки, впадающие в Рыбинское водохранилище, благодаря зарегулированию стока обладают очень медленным (особенно в летнее время) течением.

** Ни в одном водоеме мы не встречали такого изобилия Limnosida frontosa.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Н. А. СОЛОВЬЕВА

О ФОРМИРОВАНИИ И РАЗВИТИИ БЕКМАННИИ ОБЫКНОВЕННОЙ (BECKMANNIA ERUCIFORMIS (L.) HOST.) ПРИ СЕМЕННОМ ВОЗОБНОВЛЕНИИ В УСЛОВИЯХ ПОЙМЫ

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 28 VI 1957)

В настоящей работе излагаются результаты изучения формирования и развития короткокорневищного злака бекманнии обыкновенной по материалам, собранным в естественных условиях на Дединовских лугах в центральной пойме р. Оки (Луховицкий район Московской обл.).

Как показали наши наблюдения, закончившие формирование зерновки способны к прорастанию сразу после осыпания. В таком случае проросток зимует с 1—3 листьями, живым главным корнем и 2—4 придаточными корнями. После 15 IX появления всходов бекманнии не наблюдалось. При отсутствии вымокания всходы могут появляться на следующий год в начале мая.

Дальнейшее развитие материнского побега может происходить двояким образом.

1. Развитие зоны кущения длительное (до 3 вегетационных периодов), с последующим быстрым и одновременным ростом всех междоузлий побега выше узла кущения, сопровождающееся формированием верхних междоузлий.

В год, предшествующий завершению формирования побега, закладывается часть удлиненных в будущем междоузлий, но не соцветие. Последнее формируется ранней весной следующего вегетационного периода. К моменту перехода конуса нарастания в генеративную фазу 4 почки зоны кущения уже развились в побег. В этих случаях побег развивается наиболее сильно, образуя сравнительно более длинные междоузлия, крупные листья и соцветие.

2. В других случаях характерен быстрый переход материнского побега к развитию удлиненных междоузлий. Уже на второй вегетативный период (при осеннем прорастании) происходит частичное или полное формирование соцветия, однако часто побег отмирает, не закончив цикла развития. К моменту вступления конуса нарастания в генеративную фазу из почек зоны кущения не более двух развиваются в побег. Материнский побег низкорослый, относительно слабый. В условиях луга встречаются оба типа развития, в посевах на открытых площадках преобладает второй.

По литературным данным ([3]), в травостоях поймы р. Оки интенсивность света у поверхности почвы снижается до 5—10% от полного освещения, а иногда даже еще более.

Мы предполагаем, что это обстоятельство, как и условия увлажнения ([1], [4]) имеют существенное значение для быстроты перехода материнского побега к образованию удлиненных междоузлий и вступлению в генеративную фазу.

Кущение материнского побега бекманнии происходит следующим образом.

Побеги II порядка, развивающиеся первыми, всегда экстравагинальны; это побеги нижней части зоны кущения — собственно узла кущения (рис. 1 и 2). Интравагинальные побеги возникают не всегда и отличаются пониженной жизнеспособностью, отмирая в укороченном состоянии.

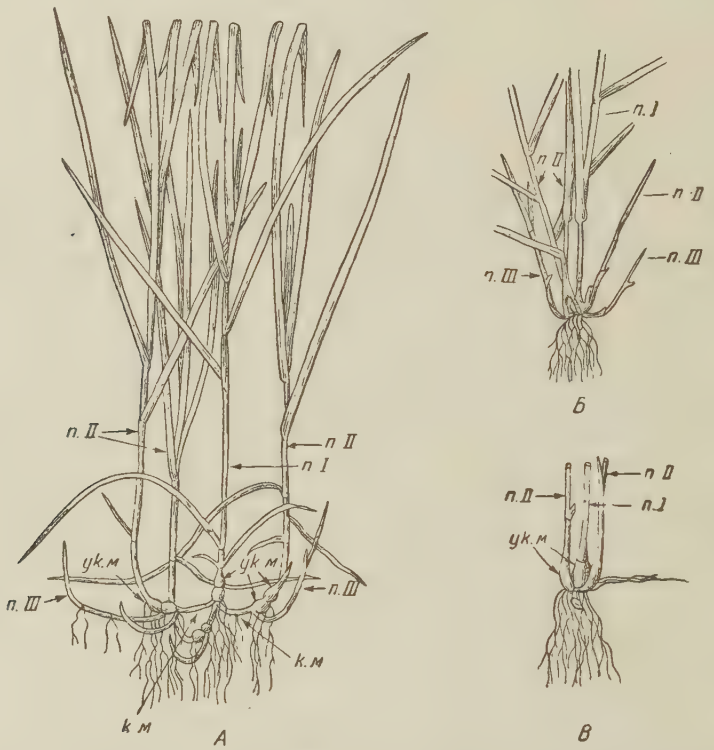


Рис. 1. Бекманния обыкновенная. *А* — куст семенного происхождения, собранный на лугу низкого уровня (1 : 3), *Б* (1 : 3) и *В* (1 : 1) — нижняя часть кустов, с луга высокого уровня, *к. м* — корневищное междоузлие, *ук. м* — укороченное междоузлие, *п I, п II* и *п III* — побеги I, II и III порядков

В тех случаях, когда появление их имеет место, они развиваются после экстравагинальных, из почек обычного узла, следующего за укороченным толстым междоузлием над узлом кущения (рис. 1 *В*).

Корневищная часть у экстравагинальных побегов может впервые развиваться уже у побегов II порядка, что отмечалось у экземпляров, собранных на лугах низкого уровня (рис. 1*А*). При этом побеги, проходящие корневищный этап развития, могут выходить из пазухи двучленного листа.

Тип листа материнского побега позволяет дать прогноз этапов развития пазушного побега ([5]) в случаях, когда пазушный побег формируется в тех же условиях, что и соответствующий узел с листом материнского побега.

У экземпляров, собранных на лугах высокого уровня, где бекманния встречается единично, а также на ярко освещенных «плешинах» из-под убранных стогов на лугах низкого уровня побеги II порядка в большинстве своем ортотропны и не имеют корневищной части; побеги III порядка имеют короткую корневищную или плагиотропную надземную часть (рис. 1 *В,Б*). То же отмечалось на суходоле в посевах.

Длина корневищной части побегов у бекманнии в среднем изменяется в зависимости от положения побега на материнском узле кущения, уве-

личиваясь сверху вниз. Однако при рассмотрении конкретного материала обнаруживается большое число отклонений.

Изложенные выше наблюдения в совокупности говорят о том, что прохождение корневищного этапа формирования пазушного побега у бекманнии в фазе куста зависит не только от стадийного или возрастного состояния тканей материнского побега, но и непосредственно связано с внеш-

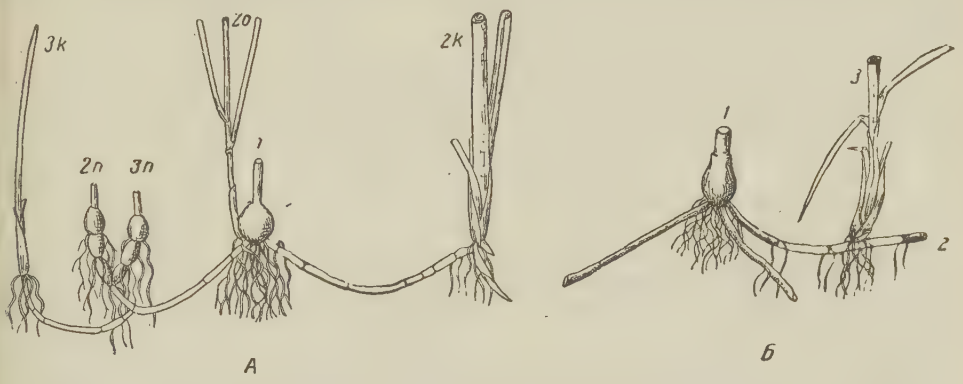


Рис. 2. Бекманния обыкновенная. Вегетативное возобновление в фазе клона (весенний сбор с луга среднего уровня, 3 : 4). *А* — развитие побегов возобновления (*3к* и *2к*) из верхушечных почек прошлогодних корневищ II и III порядков; *2п* и *3п* — базальные части побегов II и III порядков, развивавшихся в прошлом году после первого укоса и скошенных со вторым укосом; *2о* — часть ортотропного побега, развившегося весной текущего года. *Б* — развитие побега возобновления *(3)* из спящей почки позапрошлого отмирающего корневища *(2)*; *1* — базальная часть отмершего материнского побега

ними условиями, которые могут также определять более или менее быстрый переход к следующему этапу — ортотропному росту и связанному с этим формообразованию.

Пазушные почки нижней части зоны кущения корневищных побегов закладываются еще до появления верхушечной почки — «шильца» над поверхностью почвы и, следовательно, до воздействия света на формирующуюся зону кущения. Не подвергаются освещению и почки, образующиеся на подземных узлах, что, как нам кажется, является существенным условием прохождения корневищного этапа будущими побегами. Это подтверждается общеизвестным явлением перехода корневищ многих злаков к ортотропному росту и образованию зеленых листьев сначала переходного, а затем двучленного типа при искусственном освобождении корневища от слоя почвы и помещении его на дневной свет.

Первым генеративным побегом у бекманнии может быть уже побег I порядка. В том случае, когда материнский побег не успевает пройти полный цикл развития, соцветие развивается впервые у побега II порядка.

Наименьшим циклом развития материнского побега бекманнии является развитие по озимому типу, однако конус нарастания способен перейти в генеративную фазу до перезимовывания (причем происходит образование только базальных междоузлий соцветия), и поэтому вероятно, что по требованиям побегов к среде для завершения цикла развития они стоят между озимыми и моноциклическими, хотя и наблюдались более длинные циклы развития (до $3^1/_2$ лет). Ветвление в фазе куста у бекманнии происходит в пределах от двух до пяти порядков.

Длительность циклов развития дочерних побегов в фазе куста может быть от озимого до трициклического; нередко побеги отмирают осенью, не завершив цикла развития. Переход в фазу клона происходит на следующий вегетационный период после отмирания материнского побега, сопровождающегося отмиранием части побегов II, а иногда и III порядка. Надземные удлиненные междоузлия отмирают первыми, зона кущения перезимовывает и отмирает весной — в начале лета.

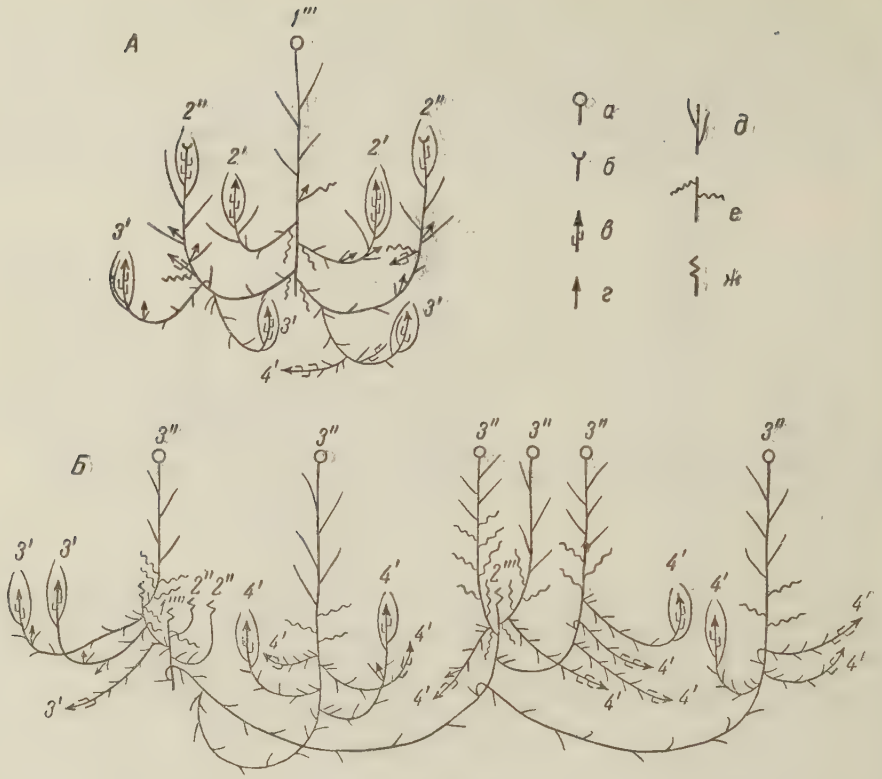


Рис. 3. Схемы развития бекманнии обыкновенной: *А* — куста семенного происхождения (3-летний экземпляр), *Б* — клона (старше 5-ти лет), *а* — соцветие, *б* — конус нарастания генеративный, *в* — конус нарастания вегетативный, *г* — почка спящая, *д* — листья двучленные зеленые, *е* — они же отмершие, *ж* — побег отмерший

Материнскими побегами новых кустов становятся корневищные побеги (рис. 2 и 3).

С середины до конца вегетационного периода одновременно развиваются с сохранением связи между собой побеги 4—5 порядков.

Ортотропные надземные побеги, не имеющие корневищной части, развиваются из 1—4 почек верхней части зоны кущения. Обычно побеги, развивающиеся одновременно с материнским, экстравагинальны (на 16 экстравагинальных — 1 интравагинальный). Побеги, имеющие корневищную часть, развиваются из 2—4 почек нижней части зоны кущения и почек корневищной части побега. В первом случае побеги развиваются преимущественно по озимому типу, во втором — по дициклическому.

В фазе клона бекманния морфологически представляет симподиальную систему побегов (рис. 3), главным образом экстравагинальных, проходящих различные этапы формирования — корневищных подземных побегов, укороченных надземных или удлиненных надземных.

Московский городской педагогический институт
им. В. П. Потемкина

Поступило
24 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] И. Г. Серебряков, Морфология вегетативных органов высших растений, 1952. [2] В. П. Струве, Изв. Гос. лугового инст. (1926). [3] Т. А. Работнов, Тр. БИН им. В. Л. Комарова, Геоботаника, в. 6, 7 (1950). [4] И. Г. Серебряков, Бюлл. МОИП, 56, в. 2 (1951). [5] В. Г. Барышников, Сборн. статей по вопросам кормопроизводства к 10-летию со дня смерти В. Р. Вильямса, 1951, стр. 36.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

С. Я. КРАЕВОЙ и Б. И. ЕСЬКИН

О ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИНАХ ПОЛИВАЛЕНТНОГО РОСТА ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 28 VI 1957)

Давно уже было отмечено, что у дуба черешчатого в течение вегетационного периода наблюдается несколько приростов (14). Более новые исследования по росту и развитию дуба полностью подтвердили эти наблюдения (4,5).

Некоторые исследователи считают, что многократный (поливалентный) прирост дуба в течение вегетационного периода носит наследственный характер (7). Оказывается, что дуб не является исключением, повторные приросты в течение вегетационного периода наблюдаются и у сосны обыкновенной и крымской (8), сибирской лиственницы (1), сосны (3), дуба, яблони, боярышника, птелеи, вишни, абрикоса, липы и каштана конского (2), бука (14), лимона и апельсина (15).

В 1954 г. мы наблюдали явления повторных приростов у ясеня зеленого в условиях богары и орошения. Однако следует отметить, что это были единичные случаи.

Из данных работ (2) видно, что в условиях Памира у многих древесных пород наблюдается поливалентный рост, что, вероятно, объясняется особенно жесткими климатическими условиями.

Нужно отметить, что в условиях засушливого климата (южная часть Сталинградской обл.) поливалентный рост, как правило, наблюдается только у дуба.

Довольно подробные наблюдения на Аршань-Зельменском стационаре Института леса АН СССР за ростом и развитием рано распускающейся формы дуба (Quercus robur var. praecox Czern.) и поздно распускающейся формы дуба (Q. robur var. tardiflora Czern.) полностью подтверждают наличие у этих древесных пород многократных приростов и показали, что даже в условиях сильно засушливого лета 1954 г. дуб дал, в зависимости от запасов почвенной влаги, два-четыре прироста.

Таблица 1

Продолжительность приростов и периодов покоя рано и поздно распускающихся форм дуба в 1956 г.

Форма дуба	Продолжительность, дни				
	I прирост	покой	II прирост	покой	III прирост
Рано распускающаяся	15 (7V—22V)	30	13 (21VI—4VII)	16	17(20VII—6VIII)
Поздно распускающаяся	14 (19V—2VI)	17	16 (19VI—3VII)	18	14(21VII—6VIII)

В табл. 1 представлены данные по продолжительности прироста и периодов покоя рано и поздно распукающихся форм дуба. Наблюдения проводились на 20 дубках рано распускающейся формы и на 20 дубках поздно распускающейся формы. Измерение побегов производилось два раза в сутки — в 6 и 19 час. (9).

Из табл. 1 видно, что у дубков рано и поздно распускающейся формы существенное различие заключается в длине периода покоя после окон-

чания первого прироста. У поздно распускающейся формы дуба период покоя почти в два раза короче, чем у рано распускающейся. Здесь наблюдается как бы «наверстывание» поздно распускающейся формой упущенного времени. Что же касается длины периодов приростов, то первый из них был одинаковым у обеих форм, второй был длиннее у поздней формы, третий — длиннее у ранней формы. Соответственно менялась и длина побегов:

Рано распускающаяся форма	(n=20)	25,5см	14,8 см	25,9 см
Поздно распускающаяся »	(n=20)	25,4 »	19,1 »	21,7 »

В ритме роста дуба, как и других растений, существенную роль играет ход накопления и расходования запасных питательных веществ как растением в целом, так и отдельными его органами. Некоторые исследователи связывают периодичность роста дуба с накоплением в предыдущих приростах крахмала. Как только в первом приросте (побеге) накопится достаточно крахмала для роста второго побега, начинается прорастание верхушечной почки и рост второго побега ([10]). Другие авторы ([13,15]) связывают ростовые процессы с накоплением и расходованием в точках роста нуклеиновых кислот. В этих работах было показано, что точки роста растений в начале развертывания почек богаты нуклеиновыми кислотами, количество которых в дальнейшем с ростом уменьшается, и ко времени приостановки роста их практически нельзя обнаружить. Исходя из этих данных, мы попытались изучить поливалентный рост дуба, применив гистохимический метод обнаружения ДНК.

Материалом для исследования послужили 6-летние дубки, дающие в течение лета 3—4 прироста. Эти дубки растут на супесчаной почве террасы реки Годжур (Ергени), где наблюдается подток пресной воды из-под ергенинских песков, т. е. в весьма благоприятных условиях.

Исследование производилось или с предварительной фиксацией (80° и абсолютным спиртом), или без нее.

Анализу подвергались начавшие разворачиваться почки и в дальнейшем ежедневно растущие побеги до прекращения роста и заложения верхушечной почки. Во время «покоя» анализ побегов производился через 5—6 дней.

Через 8 и 48 час. после фиксации, анатомической бритвой делались срезы толщиной в 8—12 μ, помещались на предметное стекло в 70—80° спирт и покрывались предметным стеклом. Через 2—3 мин. с одной стороны спирт отсасывался фильтровальной бумагой, а с другой — вводилась под покровное стекло смесь метилового зеленого — пиронина по Унна ([12]) и производилось наблюдение за окраской ядер меристематических клеток. Ядра срезов начального роста получались темно-зеленой окраски, а плазма и ее включения — розовой окраски с разными оттенками. Во избежание субъективизма в оценке степени окрашиваемости ядер в процессе роста побегов мы пользовались стандартной шкалой окраски в зеленый цвет, начиная от темно-зеленого эталона и кончая эталоном с едва заметной зеленой окраской. Регистрировалась окраска ядер в то время, когда она достигала наибольшей четкости.

Свежий нефиксированный материал резался бритвой, срезы помещались на предметное стекло, обрабатывались абсолютным, 96° и 80° спиртом в течение 5—8 мин., потом спирт отсасывался фильтровальной бумагой, производилась окраска срезов метиловым зеленым — пиронином и учитывалась степень окрашиваемости ядер.

Оказалось, что при изготовлении препаратов из свежего материала, без предварительной фиксации, окраска ядер была менее четкой, чем при изготовлении препаратов из фиксированного материала. При этом наиболее четкая окраска получалась на препаратах из материала, который в течение 48 час. находился в фиксаторе. Приведенные в статье данные

олучены, в основном, на материале, фиксированном именно таким способом.

В табл. 2 приведены данные интенсивности окрашивания ядер в раз-

Таблица 2

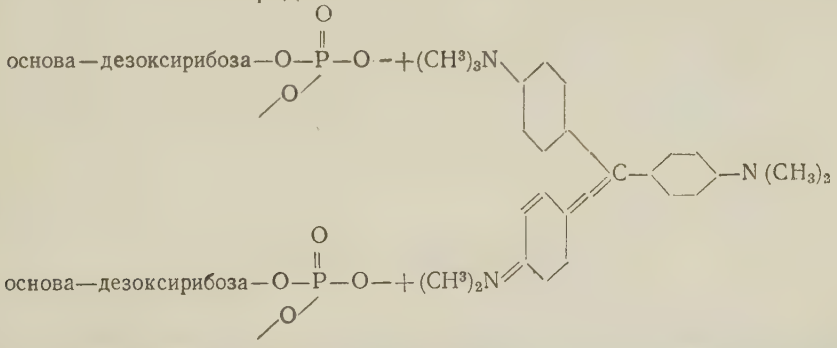
Интенсивность окрашиваемости ядер в меристематических клетках в различные фазы роста и развития дуба черешчатого

Фазы роста и развития дуба	Дата	Окраска ядер
Развертывание почки	7 V	
Начало вытягивания стебелька	8 V	
Вытягивание стебелька и развертывание листьев	9 V 10 V 11 V	Темно-зеленая
Начало одревеснения стебля снизу	12 V 13 V	
Одревеснение стебля в первой половине (снизу)	14 V 15 V	Зеленая
Начало одревеснения стебля в третьей четверти (снизу)	16 V 17 V	
Одревеснение стебля на три четверти (снизу)	18 V 19 V	Светло-зеленая
Начало одревеснения стебля в верхней части и формирования верхушечной почки	20 V 21 V	Едва улавливаемая зеленая
Продолжение одревеснения стебля и формирования верхушечной почки	22 V	Ядра не окрашены

личные фазы роста и развития дуба черешчатого по майскому приросту. Из таблицы видно, что с увеличением возраста побега закономерно уменьшается интенсивность окраски ядер в меристематических клетках, и к концу роста побега зеленая окраска ядра клетки настолько ослабевает, что становится едва заметной. Когда рост прекращается (отсутствует деление клеток), то ядра принимают едва уловимую розоватую окраску, протоплазма остается бесцветной.

Таким образом, гистохимическим методом мы обнаружили, что по мере роста побега в ядрах клеток количество ДНК постепенно уменьшается и к концу роста побега ДНК исчезает совсем.

Некоторые исследователи высказывают предположение, что деполимеризация ДНК ведет к ослаблению сродства к метиловому зеленому и одновременно к повышению сродства к пиронину ([16], [17]), что схематически можно было бы представить так:



При перегруппировке молекул расстояние между двумя остатками фосфорной кислоты с отрицательными зарядами и положительно заряженными катионами метилового зеленого изменяется в сторону их отдаления друг от друга, вследствие чего сродство падает и интенсивность окрашивания уменьшается.

Однако на нашем материале мы не заметили, чтобы интенсивность окраски пиронином увеличивалась с постепенным уменьшением интенсивности окрашивания метиловым зеленым. Это, нам кажется, свидетель-

ствует о том, что ДНК в данном случае не деполимеризуется, а расходуется на ростовые процессы.

Изменение интенсивности окраски и полное исчезновение окраски ДНК на определенных этапах роста и развития было отмечено у молодых проростков сои ([6]) и прорастающих семян жень-шеня ([11]), что по всей вероятности связано с расходованием ДНК на ростовые процессы.

Во II и III приростах мы получили такую же картину — с увеличением возраста побегов в меристематических клетках уменьшается количество ДНК, и с окончанием роста она исчезает совсем. Приостановка в росте является как бы передышкой, во время которой происходят какие-то метаболические процессы, приводящие к тому, что в начале нового прироста опять появляется в меристематических клетках много ДНК.

Такая периодизация в появлении и исчезновении ДНК, вероятно, свидетельствует о том, что она является активатором, с которым тесно связаны процессы роста, и когда она исчезает, то прекращается рост и наступает период «покоя», сопровождающийся какими-то сложными процессами, в результате которых к концу этого периода и к началу периода роста мы опять наблюдаем в меристематических клетках побегов много ДНК.

В 1956 г. мы сделали попытку произвести наблюдения за ростом корней дуба и установить возможную связь между ростом верхушечных побегов и корнями ([13]). Наблюдения за динамикой роста корней дуба производились при помощи вкопанных в ризосферу стекол на разной глубине почвенного разреза. Наблюдения производились ежедневно и показали следующее. Корни дуба растут периодически — периоды роста сменяются периодами «покоя», это, по-видимому, связано с ростом побегов: через 3—4 дня после окончания роста корней верхушечные побеги заканчивают рост (формируют верхушечную почку) и вступают в покой.

Представляет большой интерес определение наличия в клетках корней ДНК и РНК в различных формах их роста и покоя. Нужно полагать, что в корнях, так же как и в побегах, рост связан с наличием нуклеиновых кислот. Однако нам не удалось провести определение нуклеиновых кислот в корнях, что будет сделано в следующем году.

Таким образом, можно считать установленным, что поливалентный рост дуба, в результате которого за лето образуется несколько приростов, ясно отделенных друг от друга кольцами, определенно связан с накоплением в начале роста в меристематических клетках нуклеиновых кислот, исчерпание которых сопровождается приостановкой роста и формированием верхушечных почек. Возможно, что наметившаяся связь между ростом корней и побегов дуба выражается в том, что из трогающихся в рост корней поступают в побеги ростовые вещества ([13]), которые активируют процессы образования нуклеиновых кислот в точках роста побегов.

Авторы выражают благодарность акад. А. Л. Курсанову за ценные советы в процессе проведения работы.

Институт леса
Академии наук СССР

Поступило
30 V 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] П. Л. Богданов, Очерк по фитоценологии и фитогеографии. М., 1929. [2] А. В. Гурский, И. Б. Каневская, Л. Ф. Остапович, Тр. Инст. ботаники АН Тадж. ССР, 16 (1953). [3] М. Д. Данилов, ДАН, **61**, № 3 (1948). [4] Е. И. Енькова, Тр. Инст. леса АН СССР, **3** (1950). [5] Н. Е. Иванова, Рост дубовых молодняков. Изд. АН СССР, 1953. [6] С. Кобаяси, К. Сисэки, РЖБиол., № 23, 134 (1955). [7] Н. П. Кобранов, Селекция дуба, М., 1925. [8] Н. П. Кобранов, Лесоведение и лесоводство, в. 3 (1926). [9] С. Я. Краевой, ДАН, **85**, № 1 (1952). [10] Ф. П. Любич, Краткий отчет Астраханской комплексной с.-х. опытной станции, 1953. [11] Т. П. Петровская-Баранова, Бот. журн., **41**, № 10 (1956). [12] Б. Ромейс, Микроскопическая техника, 1953. [13] Д. А. Сабинин, Тимирязевские чтения, **9** (1948). [14] H. L. Spaeth, Der Johannistrieb, Berlin, 1912. [15] Ю. Л. Цельникер, Бот. журн., **35**, № 5 (1950). [16] N. B. Kurnick, J. Gen. Physiol., **33**, № 3 (1950). [17] R. Vercauteren. Enzymologia, **14**, Fasc. 3 (1950).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

К. Е. ОВЧАРОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ГИПЕРВИТАМИНОЗ У РАСТЕНИЙ

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 28 VI 1957)

В растении, при неблагоприятных условиях может иметь место как гиповитаминоз ([1–9]), так и чрезмерно высокое, не свойственное ему накопление витаминов. Брегетова ([10]) показала, что во время суховея у хлопчатника в несколько раз, а у Althea nudiflora в десятки раз возрастает содержание в листьях аскорбиновой кислоты. К сожалению, остается не выясненным влияние высоких доз витаминов на физиологические процессы высших растений.

С целью выяснения накопления витаминов из питательной среды растения кукурузы сорта Спасовская, фасоли сорта Латвия и помидор сорта Грибовские в месячном возрасте помещались в растворы Кнопа с разными добавками витаминов. Контролем служили растения, находящиеся в растворе Кнопа. В этих растворах растения выдерживались двое суток, после чего производился анализ содержания витаминов в надземных частях растений.

Изучение накопления витаминов разными растениями показало, что растения неодинаково поглощают и накапливают их в тканях. Так, например, помидоры и кукуруза, находящиеся в 0,05%-ном растворе аскорбиновой кислоты, за двое суток повысили содержание этого витамина всего на 14%, а в растворе 0,25% — содержание аскорбиновой кислоты в листьях помидоров возросло на 86,4%, а кукурузы на 290,3 (табл. 1).

Таблица 1

Интенсивность накопления витамина С разными растениями

Концентрация аскорбиновой кислоты в %	Фасоль		Помидоры		Кукуруза	
	в μг на 1 г сух. веса	в %	в μг на 1 г сух. веса	в %	в μг на 1 г сух. веса	в %
Без аскорб. кисл.— контроль	443,4	100	283,8	100	364,7	100
0,10	550,4	124	235,7	83	449,0	123
0,05	744,3	168	323,3	114	416,1	114
0,25	1562,0	353	529,4	186	1423,7	390

Еще энергичнее поглощается из питательной среды и накапливается в растениях витамин B_2. Так, у фасоли, находящейся в 0,05%-ном растворе рибофлавина, содержание этого витамина увеличилось на 737,8%, у помидоров 1572,8% и кукурузы — на 2075,2%.

Исключительно энергично поглощается и накапливается в листьях витамин B_1 (табл. 2).

При этом по мере увеличения концентрации витамина в питательной среде содержание его в тканях растений повышается. Однако нет прямой зависимости между содержанием витаминов в среде и накоплением их в

листьях. Так, при увеличении концентрации витаминов с 0,01% до 0,25% т. е. в 25 раз, содержание в листьях фасоли витамина С возросло лишь н 3,5 раза, тогда как витамина B_2 более чем в 8 раз и витамина B_1 в 100 раз

Таблица 2

Интенсивность накопления витамина B_1 разными растениями

Концентрация витамина B_1 в %	Фасоль		Помидоры		Кукуруза	
	в μг на 1 г сух. веса	в %	в μг на 1 г сух. веса	в %	в μг на 1 г сух. веса	в %
Без витамина — контроль	7,0	100	6,4	100	5,2	100
0,01	42,2	603	8,5	134	98,1	1386
0,05	537,6	7680	131,3	2051	573,2	11023
0,25	4677,4	66820	3889,9	60779	4033,1	77559

Таким образом, накопление того или иного витамина зависит как от ег природы, так и от вида растений. Витамины, накапливаясь в тканях, вы зывают глубокие нарушения обмена веществ и существенные изменени листьев. Причем при разных гипервитаминозах эти изменения неодина ковы.

С-гипервитаминоз. У фасоли, находящейся в растворе витами на С (0,25%), имеет место скопление хлорофилла в отдельных участках Особенно ярко это наблюдается на краях пластинок. У кукурузы отме чается подвядание листьев, но выраженного скопления хлорофилла в ли стьях не наблюдается.

B_1-гипервитаминоз. Характерным признаком этого гипервита миноза является образование на листьях мелких темно-серого цвета то чек. Образование таких некротических точек установлено в листьях фа соли, кукурузы, табака, хлопчатника и др. На старых листьях эти точк светлее, чем на молодых.

B_2-гипервитаминоз. У кукурузы, начиная с концов листье появляются продолговатые, темно-бурые пятна. Особенно ярко они вы ражены по краям листьев. У фасоли, хлопчатника и помидоров наблю дается интенсивное разрушение хлорофилла. Характерным признако B_2-гипервитаминоза служит появление желтых пятен на краях пластино и на жилках. Эти пятна — скопление кристаллического витамина B_2. Вы деление поглощенного рибофлавина на поверхность листьев являетс одним из способов предохранения листьев от вредного действия избыточ ной концентрации витамина.

Весьма отзывчивы к воздействию высоких доз витаминов и семена Нами установлено, что при выдерживании в течение 20 час. семян куку рузы сорта Стерлинг в 1%-ном растворе никотиновой кислоты резко сни жается рост корней и надземных частей, тогда как при введении в семен этого витамина в более слабой концентрации (0,1%) ростовые процесс ускоряются.

Ранее нами ([6]) отмечалось тормозящее действие высоких доз витами на РР на образование и рост корневой системы у хлопчатника. С целью изучения влияния РР-гипервитаминоза на ростовые процессы пшениц нами был поставлен следующий опыт. Семена яровой пшеницы Мелянопус 69 высаживались в вегетационные сосуды, в которые вносилась пи тательная смесь Прянишникова. В некоторых вариантах азот аммоний ной селитры полностью заменялся азотом никотиновой кислоты (НК) или ее амидом (АНК), а в некоторых половина дозы азота вносилась в виде NH_4NO_3, другая в виде НК или АНК.

Наблюдение за прорастанием семян показало, что в вариантах, гд азот был дан в виде НК или АНК, задерживалось прорастание семян Так, число проросших семян в варианте с АНК уменьшилось на 8%, а варианте с НК — на 36% по сравнению с контролем. При этом заметн

задержалось образование и рост листьев; кроме того, в варианте АНК верхняя половина листьев была совершенно лишена хлорофилла. Это пожелтение отмечалось лишь на первых трех листьях, а при образовании новых листьев оно отсутствовало. Однако рост надземных частей, а также корневой системы сильно задерживался и при дальнейшем росте растений (табл. 3).

Как следует из данных табл. 3, отсутствие азота в питательной среде приводит к резкой задержке ростовых процессов у пшеницы. При введении в питательную среду азота в виде никотиновой кислоты или ее амида резко увеличивается накопление сухого веса надземных частей и корней. При этом в случае амида никотиновой кислоты ростовые процессы проходили более энергично, чем при витамине РР. Очевидно, никотиновая кислота хуже используется растением, чем ее амид. Однако в обоих случаях накопление сухого веса у растений значительно ниже, чем при внесении минерального азота. Небольшой вес надземных частей в вариантах НК и АНК обусловливается не уменьшанием числа стеблей на растении, а задержкой их роста. Стебли у этих растений невысокие и тонкие, колоски мелкие, недоразвитые. Вследствие торможения роста соломины в толщину при РР-гипервитаминозе имеет место массовое полегание растений .

Таблица 3

Влияние никотиновой кислоты и ее амида на накопление сухого веса пшеницы сорта Мелянопус 69 (по состоянию на 15 VII)

Вариант	Число стеблей	Длина одного стебля в см	Сухой вес растения в г		
			подземных частей	корней	всего
NPK	31	57,1	1,1	1,1	2,2
$^1/_2$N + PK	34	61,9	1,0	1,2	2,2
$^1/_2$N + АНК + PK	33	51,8	0,9	0,8	1,7
PK	14	31,5	0,04	0,06	0,1
АНК + PK	29	64,4	0,6	0,4	1,0
АНК + NPK	14	35,8	0,6	0,3	0,9
НК + PK	34	47,7	0,2	0,2	0,4
$^1/_2$N + НК + PK	31	54,3	0,9	0,6	1,5

Таким образом, результаты опыта показывают, что при РР-гипервитаминозе в сильной степени зедержаны ростовые и репродуктивные процессы. Оказалось также, что азот никотиновой кислоты или ее амида плохо используется высшим растением.

Таблица 4

Влияние витаминов на потерю воды листьями хлопчатника

Вариант	Содержание воды	
	в %	в % к контролю
Контроль	86,9	100,0
Витамин B_1 (0,25%)	82,3	95
» B_2 (0,05%)	58,4	67
» PP (0,05%)	62,4	72
» PP (0,25%)	49,8	57

Витамины, накапливаясь в тканях, вызывают в них глубокие физиологические изменения. Об интенсивности усиления отдачи воды под влиянием витаминов можно судить по результатам следующего опыта. Растения хлопчатника сорта 5904-И были поставлены в раствор Кнопа, в который до этого были внесены разные количества витаминов B_1, B_2 и РР. Через 3 дня была определена потеря растениями воды. Как видно из данных табл. 4, значительный водный дефицит вызывает у хлопчатника введение витамина B_2, меньший — витамина РР, еще меньший — введение тиамина.

Наряду с изменением водного режима при гипервитаминозе нарушаются и другие стороны жизнедеятельности растения. Так, при РР-гипервитаминозе, вызванном в результате 3-дневного выдерживания растений в 0,25%-ном растворе витамина РР, резко падает содержание в тканях аскорбиновой кислоты (табл. 5).

При B_2-гипервитаминозе у хлопчатника и моркови снижается содержание витамина С, но оно значительно меньше, чем при действии никотиновой кислоты. У помидоров же при B_2-гипервитаминозе, наоборот, количество витамина С заметно увеличивается. Следует отметить, что в

Таблица 5

Интенсивность накопления аскорбинсвой кислоты под влиянием витаминов B_1, B_2 и PP

Варианты	Хлопчатник		Морковь		Помидоры	
	в мг % на сух. вес	в % к контролю	в мг % на сух. вес	в % к контролю	в мг % на сух. вес	в % к контролю
Контроль	75,4	100	41,0	100	44,3	100
Витамин B_1 (0,05 %)	—	—	68,4	167	63,6	44
» B_1 (0,25%)	69,4	92	34,4	84	52,7	119
» B_2 (0,05%)	37,8	50	38,2	93	110,0	242
» B_2 (0,25%)	67,2	89	33,9	83	87,4	197
» PP (0,05%)	78,9	105	70,2	171	27,6	62
» PP (0,25%)	19,1	25	—	—	16,0	36

отличие от хлопчатника и моркови, в помидорах возрастает содержание аскорбиновой кислоты при B_1- и B_2-гипервитаминозах. Существенным образом изменяется и фосфорный обмен при гипервитаминозах. На это, в частности, указывают результаты такого опыта. Фасоль помещалась на сутки в питательный раствор Кнопа, в который добавлялся в разных дозах витамин С. Через сутки растения переносились на 48 час. в раствор Кнопа, без витамина. В стеблях фасоли определялось содержание разных форм фосфора.

Таблица 6

Влияние аскорбиновой кислоты на накопление разных форм фосфора в стеблях фасоли сорта Триумф

Концентрация витамина С, %	Содержание фосфора в μ г на 1 г сух. веса			
	неорганический	фосфорные эфиры	белково-липоидный	общий
Без витамина — контроль	1098,4	18901,6	3137,2	23137,2
0,1	5797,1	4637,6	3578,3	13913,0
0,5	5600,0	5066,6	3066,7	13733,3
1,0	4479,3	3657,0	706,6	8842,9

Как видно из данных табл. 6, у фасоли, находящейся в растворах витамина С, содержание общего фосфора уменьшается, причем тем более, чем выше доза аскорбиновой кислоты. Снижение содержания фосфора происходит за счет уменьшения накопления фосфорных эфиров. Количество же белково-липоидной формы фосфора увеличивается при выдерживании растений в 0,1 %-ном растворе витамина С, а при повышении дозы витамина содержание этой формы фосфора резко падает.

Таким образом, как недостаток, так и избыток витамина приводит к существенным нарушениям физиологических процессов в растениях.

Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева
Академии наук СССР

Поступило
5 VI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Ю. В. Ракитин, К. Е. Овчаров, ДАН, **61**, № 5 (1948). [2] М. И. Матвеев, К. Е. Овчаров, ДАН **65**, № 3, 373 (1949). [3] Ю. В. Ракитин, Усп. совр. биол., **36**, в. 3 (6) (1953). [4] К. Е. Овчаров, Усп. совр. биол., **36**, в. 3 (6) (1953). [5] К. Е. Овчаров, Журн. общ. биол., **15**, № 5 (1954). [6] К. Е. Овчаров, Витамины в жизни растений, Изд. АН СССР, 1955. [7] М. Х. Чайлахян, ДАН **111**, № 4, 894 (1956). [8] А. А. Зеленухин, Физиол. раст., **3**, в. 4, 313 (1956). [9] К. Е. Овчаров, К. Л. Поволоцкая, Физиол. раст., 4, в. 2 (1957). [10] Л. Г. Брегетова, Бот. журн., **36**, № 1, 34 (1950).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ФИТОПАТОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН СССР В. Л. РЫЖКОВ и Н. А. ТЕРЕХОВА

О МУКОПОЛИСАХАРИДЕ В ЛИСТЬЯХ ABUTILON SP.

В последнее время интенсивно изучаются высокополимерные мукополисахариды, встречающиеся в тканях животных. Все больше и больше выясняется их важное биологическое значение ([1]).

Соответствующие соединения в тканях растений изучены гораздо меньше. Особенно мало мы знаем о мукополисахаридах, встречающихся в листьях растений. О наличии мукополисахаридов в листьях растений, принадлежащих к роду Abutilon, мы не нашли в литературе никаких сведений.

Материалом для исследований служили листья Abutilon striatum var. Thompsoni от больных инфекционным хлорозом и здоровых экземпляров, а также листья здоровых экземпляров Abutilon pictum. Отправным пунктом для исследования послужило наблюдение, что водный экстракт из листьев A. striatum богат слизью ([2]). Слизь легко переходит в воду. Мы очистили ее, применяя процедуру Севажа ([3]). Экстракт из листьев взбалтывался с хлороформом, что вызывало денатурацию белковых веществ. Из отфильтрованной от осадка жидкости мукополисахарид осаждался этанолом. Выпадающий осадок имеет фибриллярное строение и при перекрещенных николях под поляризационным микроскопом обнаруживает слабое свечение. При окраске толуидин-блау осадок приобретает фиолетово-розовый цвет, т. е. обнаруживает метахромазию. Полученный мукополисахарид дает интенсивную реакцию Биля, после 20-минутного кипячения — положительную реакцию с нингидрином, а также положительную реакцию с карбазолом на присутствие уроновых кислот. Эти реакции позволяют рассматривать выделенное вещество как кислый мукополисахарид, содержащий в своем составе аминосахара и уроновые кислоты.

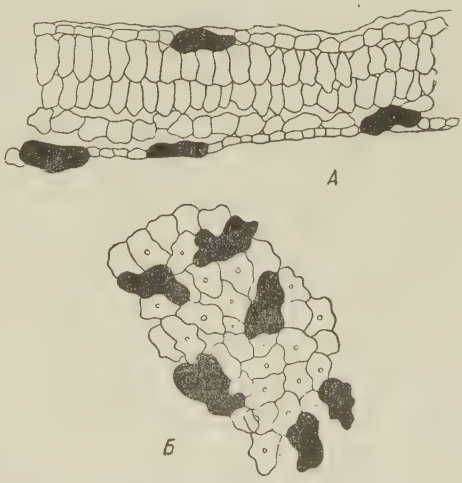


Рис. 1. Схематическое изображение поперечного среза через пластинку листа (*А*) и эпидермиса с верхней стороны листа Abutilon striatum var Thompsoni (*Б*). Окраска толуидин-блау. Клетки со слизью изображены черными

Большой интерес представляло выяснить, как локализовано слизистое вещество в листьях растений. С этой целью бритвой от руки изготовлялись тонкие срезы через пластинку листа и рассматривались в растворе

толуидин-блау под микроскопом. При таком исследовании было легко обнаружить, что листья имеют в эпидермисе специальные клетки, наполненные веществом, дающим метахроматическую окраску (рис. 1).

Кроме того, слизистые клетки встречались в паренхиме жилок листа. Очень часто отдельные слизистые клетки оказывались разрезанными бритвой, тогда из них вытекала слизь, которая в капле раствора толуидин-блау образовала метахроматически окрашенные фибриллы, светящиеся при перекрещенных николях.

Известно, что фиксация мукополисахаридов в тканях животных связана с большими трудностями ([4]). Техника фиксации для гистологических целей мукополисахаридов в тканях растений совсем мало разработана.

Мы применили целый ряд фиксирующих жидкостей. Оказалось, что ни 10%-ный раствор формалина, ни насыщенный спиртом раствор пикриновой кислоты не фиксируют мукополисахарид в листьях абутилона. После пребывания в этих фиксирующих жидкостях кусочков листа в течение нескольких суток при перенесении срезов в воду слизь вытекала из поврежденных клеток. Основной уксуснокислый свинец также не фиксирует слизь достаточно полно, кроме того, в тканях растения образуется при этом углекислый свинец, делающий препарат непригодным для исследования. Из литературы известно, что 0,5%-ный раствор 5-аминоакридина в 30%-ном спирте является наилучшим фиксатором для мукополисахаридов животного происхождения ([4]).

Мы убедились, что 5-аминоакридин, а также риванол легко осаждают мукополисахарид из экстракта листьев Abutilon. Связь акридина со слизистым веществом оказывается очень прочной, она не разрушается ни при многократном промывании водой или спиртом, ни при диализе. Растворение осадка происходит только в молярном растворе NaCl. Взаимодействие мукополисахарида с акридиновыми дериватами in vitro представляет интерес с самых различных точек зрения, но оно должно быть предметом особых исследований. После этих опытов мы воспользовались указанным выше раствором 5-аминоакридина для фиксации кусочков листа абутилона. После этой фиксации кусочки листа заливались в парафин, и микротомные срезы окрашивались толуидин-блау. Оказалось, что даже в условиях фиксации 5-аминоакридином и последующей обработки по всем правилам гистологической техники слизь сохраняет способность разбухать в воде и выходить из поврежденных клеток, образуя своеобразные «протуберанцы» на поверхности листа, которые окрашиваются метахроматически.

Следует отметить, что мукополисахарид строго локализован в специальных клетках и никакого ослизнения клеточных оболочек мы не наблюдали. В литературе имеется указание ([5]), что слизь в корнях Altheae образуется за счет ослизнения оболочек. Мы исследовали этот вопрос и обнаружили в корнях Althea officinalis специальные клетки, заполненные слизью. Таким образом, у обоих названных родов семейства Malvaceae имеются особые клетки, в которых скопляется слизь.

Вязкость сока из листьев абутилона значительно выше, чем вязкость воды, что зависит, очевидно, главным образом от присутствия слизистых веществ. Поэтому мы воспользовались вискозиметрическим методом для того, чтобы охарактеризовать распределение слизистых веществ у абутилона с количественной стороны.

Из листьев абутилона изготовлялся водный экстракт в отношении: 1 часть ткани растения на 20 частей воды (по весу). Центрифугированием экстракт освобождался от пластид и растительных волокон. Вязкость экстракта определялась в вискозиметре Оствальда. Эта вязкость выражена нами в приводимых ниже табл. 1 и 2 количеством секунд, за которые определенный объем жидкости протекает через вискозиметр. Тот же объем воды протекает в условиях опыта за 47 сек.

Из табл. 1 видно, что жилки листа Abutilon striatum var. Thompsoni гораздо богаче слизью, чем мякоть, и что зеленые растения этого вида не менее богаты слизью, чем пестрые. Из той же таблицы видно, что Abutilon pictum гораздо беднее слизью, чем A. striatum.

Таблица 1

Вязкость сока листьев абутилона

Дата	Материал		Жилки	Мякоть
23 II	Abutilon striatum	пестрый	148,8	50,6
			143,8	50,6
	A. striatum	зеленый	178,7	72,4
25 II	A. pictum	зеленый	54,8	59,8
			54,8	60,7

Как известно, размножение вируса инфекционного хлороза абутилона происходит только на свету. Желая выяснить, нет ли какой-либо связи между этой особенностью вируса и мукополисахаридами абутилона, мы заинтересовались вопросом о том, как влияет свет на количество этих веществ в листьях. Табл. 2 дает отчет об этих опытах.

Таблица 2

Изменение вязкости сока пестрых листьев абутилона в зависимости от освещения

Продолжительность опыта	Серия опытов *	Условия опыта	Свет	Темнота
4 III—12 III	I	Изолированные листья:		
		жилки	120,6	151,6
		мякоть	68,0	59,1
		жилки	112,6	148,9
		мякоть	—	54,4
21 II—6 III	II	Листья затемнялись на растении:		
		жилки	97,7	190,5
		мякоть	49,8	46,4
18 III—30 III		жилки	148,2	249,1
		мякоть	156,6	200,9
IV—17 IV	III	Затемнялось все растение:		
		жилки	149,6	150,0
		мякоть	49,5	70,0
2 IV—6 IV	IV	Половинки листьев без жилок	57,6	65,6
		» » »	90,2	114,0
		» » » »	52,3	57,1
			46,8	54,0
18 IV —30 IV	V	Другой вариант с половинками листьев	93,0	98,0
		»	75,0	70,0
		»	86,4	97,0

* № серии соответствует № серии в тексте.

В I серии опытов листья, отрезанные от растений, или подвергались освещению в люменистате определенный промежуток времени, или, напротив, на тот же период затемнялись. Опыты показали, что длительное затемнение не приводит к уменьшению количества слизи; скорее можно говорить о некотором увеличении ее количества.

Во II серии опытов листья оставлялись на растении, и часть их закрывалась черной бумагой. В этих условиях слизистые вещества могли оттекать из листьев. Подобного оттока мы не наблюдали, и количества слизи в затемненных листьях было больше, чем в освещенных.

В III серии опытов в листьях растений, бывших на свету, определялась вязкость сока, после чего эти растения на 13 дней помещались в темноту, и вязкость сока их листьев определялась снова. В этом варианте

опыта листья после затемнения имели примерно столько же слизи, сколько до затемнения.

Следующая, IV, серия опытов была поставлена с половинками изолированных листьев без средней жилки. Одни половинки оставлялись на свету, а другие затемнялись. Затемнение в этих опытах вызвало некоторое возрастание количества слизи. Наконец, в последней, V, серии опытов также использовались половинки листьев без средней жилки, однако одни половинки сразу использовались для определения вязкости, а другие выдерживались в темноте. В этих опытах разница между половинками листьев была незначительной.

Таким образом, затемнение или не оказывало влияния на вязкость сока, или же способствовало ее возрастанию. Эти опыты пока не позволяют установить никакой связи между особенностями вируса и накоплением слизи в растении.

С целью выяснить, происходит ли ослизнение клеточных оболочек у абутилона, процесс экстрагирования слизи удлинялся до суток, что, однако, не приводило к возрастанию вязкости сока. Следовательно, вискозиметрический метод подтверждает цитологические данные о том, что слизь не образуется иначе, как в специальных клетках. Предполагается, что растение обладает ферментом, способным вызывать деполимеризацию мукополисахарида. Сок листьев, к которому был добавлен толуол в качестве антисептика, выдерживали сутки в термостате при 37°. Эта процедура не приводила к уменьшению вязкости сока. Вопрос о наличии специфических ферментов у абутилона нуждается, конечно, в дальнейших исследованиях.

Выводы. 1. Листья абутилона содержат кислый мукополисахарид, дающий качественные реакции на наличие аминосахаров, пентоз и уроновых кислот.

2. Abutilon striatum богаче слизистым веществом, чем A. pictum. Это различие зависит главным образом от большего содержания слизи в жилках A. striatum.

3. Слизь окрашивается метахроматически толуидин-блау и локализована в специальных клетках.

4. Мукополисахарид абутилона in vitro осаждается 5-аминоакридином и риванолом.

5. Вискозиметрические исследования показали, что при затемнении листьев они содержат несколько больше слизи, чем листья на свету.

Институт микробиологии
Академии наук СССР

Поступило
8 VII 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] P. Kent, M. Whitehouse, Biochemistry of the Aminosugars, London, 1955. [2] Е. Е. Залманзон, Материалы к вопросу о взаимодействии вирусов и ферментов, Автореферат диссертации, Москва, 1951. [3] M. Sevage, Biochem. Zs., 273 419 (1934). [4] G. Williams, D. Jackson, Strain Technology, 31, № 5, 189 (1956). [5] J. Jones, F. Smith, Adv. Carbohydrate Chemistry, 4 (1953).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ЗООЛОГИЯ

С. К. КЛУМОВ

УЧЕТ БЕРЕГОВЫХ ЛЕЖБИЩ СИВУЧЕЙ (EUMETOPIAS JUBATUS) НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ И ОРИЕНТИРОВОЧНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ЧИСЛЕННОСТИ

(Представлено академиком А. А. Григорьевым 28 II 1957)

В мировой зоологической литературе до сих пор не приводились данные по численности сивучей на Курильских о-вах. Единственная попытка характеристики поголовья «курильских сивучей, была сделана капитаном Сноу ([1]) в конце прошлого столетия. Однако все его сведения устарели и сильно преувеличены.

В 1955 г. экспедицией Института океанологии АН СССР, плававшей на шхуне «Крылатка», была проделана работа по учету береговых лежбищ сивучей на Курильских о-вах и ориентировочному определению их поголовья. Некоторые лежбища, на которые указывал Сноу ([1]), угасли и больше не существуют, другие появились вновь, или же просто не были раньше отмечены.

Определение численности ластоногих на лежбищах представляет определенные трудности. Для этого была принята следующая методика: при подходе с моря, учитываемое лежбище мысленно делилось примерно на равновеликие площадки, причем одновременно устанавливалось общее количество таких площадок для всего лежбища. На двух, реже трех таких площадках, при помощи 12-кратного бинокля, приблизительно подсчитывалось количество лежащих животных. Из этого подсчета выводилось среднее число, которое затем переносилось на всю площадь лежбища. При таком методе «прямого учета», мы получали, конечно, только ориентировочные цифры численности зверя. Когда к лежбищу подходили на моторном вельботе на близкое расстояние, часть сивучей всегда сваливалась в воду. Эти животные также подсчитывались, но весьма приблизительно. Определение численности сивучей производилось чаще двумя, а иногда и тремя членами экспедиции. В 1956 г. экспедиция повторно прошла по основным лежбищам для уточнения мест залегания и численности сивучей. Эта работа была выполнена, по нашей просьбе, С. Д. Перелешиным, которому приношу свою благодарность.

Сивучи в прикурильских водах весьма многочисленны; они часто встречались нам во время плавания вдоль всей Курильской гряды, с тихоокеанской и охотоморской сторон группами и поодиночке. Однако количество береговых лежбищ ограничено, что имеет свое объяснение. Все обследованные нами лежбища имели примерно одинаковый характер самого места залегания. Для лежбища выбирается невысокая, вдающаяся в море береговая скала с более или менее ровной горизонтальной или слегка покатой в сторону моря поверхностью, иногда же спадающей к морю уступами. Обычно это застывший лавовый поток или пологонаклонные абразионные поверхности берега. Обязательным условием является наличие у края этих скал таких глубин, которые позволяют живот-

ным бросаться в воду и нырять, т. е. сразу скрываться под водой от преследователей. Почти около всех осмотренных лежбищ обнаружены густые заросли ламинариевых водорослей (главным образом, Alaria fistulosa). Иногда сивучи залегали и на отдельных скалах, далеко отстоящих от берегов. Конечно, не только характер скальной площадки, наличие соответствующих глубин и заросли ламинариевых определяют места лежбищ; не меньшее значение имеет также и наличие кормовой базы, так как приход сивучей на Курильские о-ва на лето связан не только с процессом деторождения и выкармливания потомства, но и с интенсивным нагулом в целях накопления энергетических резервов для относительно голодной зимовки. Основной пищей сивучей, как показали наши исследования, в прикурильских водах является минтай (Theragra chalcogramma), широко распространенный вдоль всей Курильской гряды.

Кроме учета лежбищ и ориентировочного определения численности зверя методом прямого учета, почти каждое лежбище снималось на кинопленку для последующей проверки данных, полученных путем подсчета.

Проведенное обследование всей Курильской гряды показало, что сивучьи лежбища располагаются сейчас на островах (если двигаться с севера на юг) следующим образом:

1. О. Атласова (Алаид) — одно лежбище сивучей у мыса Кудрявцева, на западном берегу; здесь залегает около 200 зверей, есть детеныши, лежбище продуцирующее.

2. О. Анциферова (Ширинки) — на южном берегу одно лежбище, размещающееся на четырех прибрежных плитах, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга. Если считать эти лежки с запада на восток, то второе лежбище самое крупное. Всего было насчитано около 2 тыс. сивучей. Есть молодые, данного года рождения. Лежбище продуцирующее.

3. Скала Владимира (камень Кокшер) — одно продуцирующее лежбище сивучей немного более 300 голов на самой скале и на камнях около нее.

4. Камень Авось — расположен на юго-запад от о. Маканруши; одно небольшое лежбище 50—60 голов.

5. О. Харимкотан — на юго-восточном побережье острова, на мысе без названия, небольшое лежбище до 25 голов.

6. О. Шиашкотан — на южной оконечности, на мысе Южанин и на отдельных камнях близ этого мыса, около 50—60 сивучей.

7. О. Экарма — сивучей на воде много, но лежбищ не обнаружили, хотя дважды обошли на судне вокруг острова. Временами туман совершенно закрывал отдельные места берега. По данным Сноу ([1]), на северном побережье есть лежбище сивучей.

8. Скалы Каменные ловушки — на скалах Долгой, Высокой, Низкой, Котиковой, на отдельных камнях и рифах, тянущихся от названных скал,— повсюду лежит масса сивучей с детенышами. Общая численность 3—4 тыс. голов.

9. О. Райкоке — на юго-западном берегу лежбище сивучей. В 1955 г. было 700—800 взрослых животных с детенышами. В 1956 г. осмотр производился сразу после отстрела там избыточных секачей, поэтому сивучей на лежбище было мало, около 200 голов.

10. О-ва Матуа и Топорковый — на северо-западном берегу о. Матуа небольшое лежбище 80—100 голов. Эти же звери переходят и лежат часто на о. Топорковом, так как на о. Матуа их часто беспокоят. Лежбище угасает, хотя небольшое количество детенышей здесь было отмечено.

11. Скалы Среднёва — главное лежбище на скале Хитрая; на других скалах и отдельных камнях сивучей немного. Общая численность 3—4 тыс. Много детенышей.

12. О. Ушишир, скала Бабушка — небольшое лежбище около 50 голов.

13. О. Кетой —одно лежбище на мысе Лежбищном — на юго-западном

побережье острова, второе — на мысе Монолитном, на юго-восточном побережье. На обоих отмечены детеныши. Общая численность 600—700 голов; на мысе Лежбищном зверя несколько больше, чем на Монолитном.

14. О. Симушир — на мысе Аронт (южная оконечность острова), небольшое продуцирующее лежбище, численностью 100—120 голов. Лежбище угасает. У мыса Сивучьего (охотоморское побережье центральной

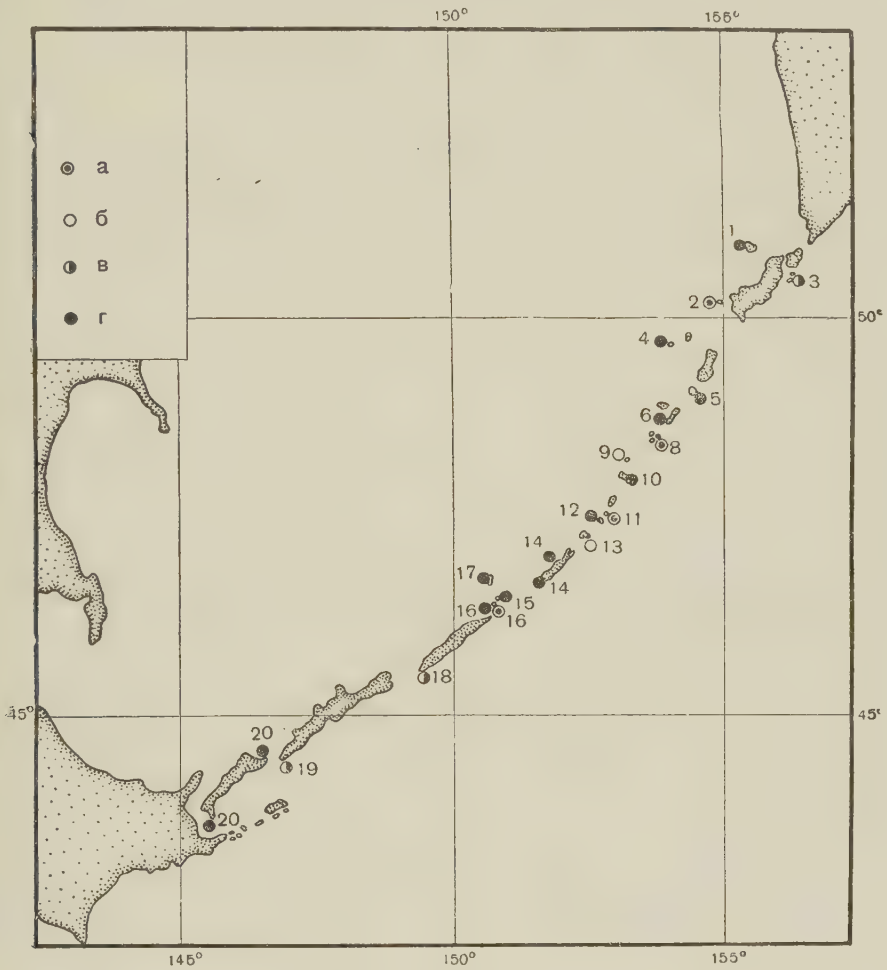


Рис. 1. Дислокация береговых лежбищ сивучей на Курильских о-вах
а — лежбища более 100 голов; *б* — более 500 голов; *в* — более 300 голов; *г* — менее 300 голов

части острова), небольшое лежбище около 20—25 голов. В заливе Мильна, на воде неоднократно наблюдались большие группы сивучей по нескольку десятков голов.

15. О. Чирпой — на мысе Удушливом небольшое лежбище около 20 голов.

16. О. Брат Чирпоев — близ бухты Угловой, на мысе без названия, лежбище холостых секачей около 40—50 голов. На южном берегу острова около скалы Лев большое лежбище сивучей, на котором залегает более 2 тыс. животных с детенышами.

17. О Броутона — у мыса Сивучий под отвесной стеной на каменных плитах около 150 сивучей с детенышами. У мыса Рифовый лежбища не обнаружено, хотя Сноу ([1]) его отмечает.

18. О. Уруп — на юго-восточной оконечности острова близ мыса Вандер-Линда имеется лежбище немногим более 300 голов, расположенное на отдельных камнях невдалеке от берега.

19. О. Итуруп — на юго-восточной оконечности, около мыса Рикорда, на плитах, расположенных под каменной отвесной стеной, а также на береговых карнизах, продуцирующее лежбище сивучей 300—400 голов. На побережье северной оконечности острова, ни у мыса Пришвина, ни у мыса Тигровый хвост, лежбищ нет, хотя сивучей на воде здесь наблюдается много; отмечаются ежедневные перекочевки, утром на юго-восток в сторону Тихого океана, а вечером в обратном направлении — на северо-запад, в сторону Охотского моря.

20. О. Кунашир — в бухте Измены, близ пос. Петрово, по словам рыбаков-колхозников поселка Алехино и заведующего рыбоприемным пунктом того же поселка П. С. Гриненко, имеется лежбище сивучей, которое нам осмотреть не удалось. По тем же данным, имеется небольшое лежбище близ мыса Ловцова (северная оконечность острова), которое тоже нами не было осмотрено. Оба лежбища вносятся в список на основе опросных данных местных жителей.

На островах Малой Курильской гряды, которые были тщательно нами исследованы, береговых лежбищ сивучей нет; на воде же мы неоднократно и летом, и осенью встречали одиночек и небольшие группы по 2—3 головы.

В прибрежной зоне всех островов Малой Курильской гряды мы отметили большое количество нерпы — ларги (Phoca vitulina largha). Особенно много лагри на о-вах Полонского и Демина, где в летнее время она образует даже береговые лежбища.

Итак, обследование Курильских о-вов, проведенное на шхуне «Крылатка» в 1955 и 1956 гг., позволило твердо установить наличие на этих островах 23 береговых лежбищ сивучей (рис. 1), с общей численностью 15—17 тыс. голов, в том числе: 4 лежбища с численностью поголовья более 1000 голов, 2 лежбища с численностью поголовья более 500 животных, 3 — более 300, 4 — более 100 голов и остальные менее 100 голов.

Как советские, так и зарубежные ученые на основании долголетних исследований пришли к единому мнению относительно возможных норм выбоя ластоногих, обеспечивающих стабильность численности эксплуатируемого промысла стада. Эти нормы составляют примерно 6—8% от общих запасов.

Применив указанные нормы к нашему конкретному случаю и произведя соответствующие расчеты, устанавливаем, что при рациональном использовании сырьевых ресурсов курильского стада сивучей, мы можем ежегодно добывать 500—600 голов, преимущественно взрослых, крупных самцов — секачей.

Институт океанологии
Академии наук СССР

Поступило
18 II 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Сноу., Зап. Общ. изуч. Амурского края, Владивосток, 8, № 1 (1902).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 117, № 2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

Ю. С. ЧЕНЦОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИНДУЦИРОВАННЫХ МЫШЕЧНЫХ ОПУХОЛЕЙ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 5 VII 1957)

Тот факт, что большой процент злокачественных опухолей человека возникает в области старых рубцов, язв, эрозий и т. п., привел ряд исследователей к заключению, что причина этого тягчайшего заболевания лежит в процессах повреждения и непрерывной регенерации, в результате которых может произойти нарастание анаплазии клеток и появление клеток с бластоматозными свойствами (1).

Поэтому определенный интерес представляет изучение роли травмы, повреждения в процессе экспериментального бластомогенеза, вызванного канцерогенными веществами. Относительно эпителиальной ткани, наиболее полно изученной в экспериментальной онкологии, было показано ([2,3]), что большинство раздражителей при совместном нанесении с канцерогенным веществом не оказывает заметного влияния на процесс канцерогенеза и интенсивность раздражителей не является решающим фактором малигнизиции. Данные по влиянию раздражений при подкожном введении канцерогенов очень разноречивы и неясны ([4]).

Так же неясным оставался вопрос о влиянии дополнительных раздражений, травмы, на процесс бластомогенеза, вызванного введением канцерогенных веществ в поперечнополосатую мышечную ткань.

Целью данной работы было выяснить, как влияет длительная травматизация мышц, сама по себе приводящая к регенераторным изменениям в мышечной и соединительной ткани, на скорость образования опухолей, вызываемых внутримышечным введением канцерогенного вещества, и на их морфологический состав. В связи с этим определенный интерес представляло изучение морфологии и гистохимии мышечных опухолей.

Объектом служили молодые самцы белых крыс примерно одного возраста весом около 120 г. Каждой крысе вводилось по 4 мг 3,4-бензпирена в виде раствора в подсолнечном масле в правую икроножную мышцу. Кроме того, в качестве дополнительного воздействия проводились сеансы накалывания; каждый из них состоял из 40 сквозных проколов икроножной мышцы иглой, что приводило к частичному разрушению и последующей регенерации мышечной ткани ([5]).

Животные были разделены на 4 группы (см. табл. 1).

I группа состояла из 20 крыс, которым было введено по 4 мг бензпирена путем четырехкратной инъекции 0,5-ного раствора этого канцерогена по 1 мг на одну инъекцию. Перед первой инъекцией и в десятидневные промежутки между остальными проводились сеансы накалывания; всего таких сеансов было сделано четыре. Опыт занял 37 дней.

II группа состояла из 10 крыс, которым было введено по 4 мг бензпирена путем двукратной инъекции 1%-ного раствора канцерогена по 2 мг за одну инъекцию. Перед первой инъекцией, в промежутке между инъекци-

Таблица 1

Опытная группа	Количество введенного бензпирена, г	Концентрация раствора бензпирена, %	Порядок чередования инъекций бензпирена (БП) и сеансов накалывания (Н)	Число животных	Число опухолей	Средний латентный период	Число рабдомиобластом	Число сарком
I	4	0,5	Н—БП—Н—БП—Н—БП—Н—БП	20	17	139	3	14
II	4	1	Н—БП—Н—БП—Н—Н	10	7	131	2	5
III	4	1	Н—БП—Н—БП—Н—Н—Н—Н—Н—Н	25	22	126	8	14
IV	4	1	БП—БП	25	23	133	7	16

ями, равным 10 дням, и после второй инъекции проводились сеансы накалывания, которых было также четыре. Опыт занял 27 дней.

III группа (основная) состояла из 25 крыс, которым было введено 4 мг бензпирена путем двукратной инъекции 1%-ного раствора этого канцерогена в подсолнечном масле по 2 мг за одну инъекцию. Перед первой инъекцией, в промежутке между инъекциями, равном 14 дням, и после второй инъекции через 7 дней проводились сеансы накалывания, которых было на этот раз восемь. Опыт длился 63 дня.

IV группа (контрольная) состояла из 25 крыс, которым в течение 7 дней в два приема было введено 4 мг бензпирена в виде 1%-ного раствора в подсолнечном масле.

Следовательно, в I и II группах примерно в течение целого месяца, а в III группе в течение более двух месяцев, мышечная ткань подвергалась постоянной травматизации одновременно с введением канцерогенного вещества.

Весь полученный материал фиксировался в жидкости Ценкера, в 10%-ном формалине, в 96° спирте, в фиксаторе Шабадаша, заливался в парафин и раскладывался на срезы толщиной в 5—8 μ. Срезы окрашивались по Маллори, железным гематоксилином по Гейденгайну, азур-эозином, проводились реакции Фельгена на ДНК, Шабадаша — на гликоген, Браше — на РНК.

Диагностика полученных опухолей проводилась путем изучения гистологических препаратов.

Результаты опытов. Из 80 животных после введения 4 мг бензпирена опухоли возникли в 69 случаях, причем 20 опухолей были мышечного происхождения (рабдомиобластомы). Остальные 49 опухолей были саркомами, среди которых было: веретенообразноклеточных —26, полиморфноклеточных — 8, фибросарком — 7, низко дифференцированных —6, ангиосарком — 1, недиагносцированных — 3. Большинство опухолей возникло в месте инъекции бензпирена, т. е. в икроножной мышце. Во всех трех опытных группах средний латентный период от введения канцерогена до появления опухолей был одинаков, за небольшим исключением, оказавшимся статистически недостоверным. В I группе он был равен 139 дням, во II — 131 дню, в III — 126 дням. В контрольной IV группе средний латентный период был равен 133 дням. Однородным оказался и качественный состав опухолей в различных группах. Так, в I и II группах из 24 опухолей рабдомиобластом было 5, в III—8, в IV, контрольной,— 7. Следовательно, при введении в мышцу одного и того же количества бензпирена ни на скорость образования опухолей, ни на их качественный состав не влияет такой фактор, как месячная или двухмесячная постоянная сильная травматизация, приводящая в течение всего опыта к постоянной деструкции и регенерации поврежденных тканей.

Морфологический анализ полученных опухолей проводился по схеме А. И. Ракова (6). Критерием рабдомиобластом служили 5 следующих признаков: полиморфизм элементов опухоли, наличие крупных веретеновидных клеток, наличие специфических гигантских клеток, фибриллярные

структуры в протоплазме, характерное строение стромы. Следует отметить, что ни один из этих признаков не может быть использован в отдельности, и только при сочетании их можно избежать ошибочного диагноза. Вариации отдельных признаков могут быть очень значительными. Встречаются опухоли то с менее, то с более дифференцированными элементами: от преобладания веретеновидных клеток (низко дифференцированный тип) до преобладания крупных лентовидных многоядерных образований (более высокая степень дифференцировки).

Полученные рабдомиобластомы состоят из клеток различной величины и формы, среди которых чаще всего встречаются крупные веретеновидные клетки с большим цитоплазматическим телом, располагающиеся тяжами или пучками. Их цитоплазма базофильна, содержит много РНК, но степень базофилии в этих клетках не всегда одинакова. Цитоплазма их часто имеет нежно-фибриллярное строение, а иногда, особенно в крупных клетках, видны тонкие длинные однородные фибриллы. Кроме этих форм, встречаются удлиненные, лентовидные узкие образования с 1—3 ядрами в центральной части; плазма этих тонких симпластов также имеет ярко выраженную базофилию, часто такой же степени, как и в одноядерных веретеновидных клетках. В протоплазме этих образований часто встречаются длинные фибриллы, располагающиеся как в центральной, так и в периферической части. Кроме этих элементов, во всех случаях наблюдаются разнообразные гигантские клетки — крупные протоплазматические образования симпластического характера, число их в разных опухолях различно. Это большей частью удлиненные или лентовидные структуры с одним или, чаще, со многими ядрами, с мелкозернистой или нежно-фибриллярной, также базофильной протоплазмой. Однако часто в одной и той же гигантской клетке встречаются зоны базофильные и оксифильные. В этих образованиях локализация и содержание РНК изменчивы: встречаются гигантские клетки, очень богатые РНК, и, наоборот, такие, в которых концентрация этого вещества относительно низка. В этих крупных симпластических структурах особенно часто видны толстые и тонкие однородные фибриллы, разбросанные по всей протоплазме, но чаще всего они встречаются в периферической зоне. Поперечноисчерченных фибрилл ни разу не удалось наблюдать.

Гликоген в опухолевых мышечных элементах обнаруживается лишь около зон дегенерации и некрозов. Он встречается во всех структурах или в виде очень мелких зерен, разбросанных в цитоплазме, или в виде более крупных тесно прилежащих друг к другу глыбок, сплошь заполняющих протоплазму. Первый тип распределения гликогена характерен для веретеновидных клеток и тонких 2—3-ядерных симпластов, второй тип характерен для гигантских клеток. В зонах роста или в зонах без некротических изменений опухолевые элементы гликогена не содержали.

Значительный полиморфизм наблюдался со стороны ядер. В веретеновидных клетках имеются ядра овальной или более вытянутой формы с крупными ядрышками различной формы и величины. Особенно многообразны ядра в тонких симпластах и гигантоклеточных образованиях. Размеры ядер здесь могут превосходить относительно более мелкие ядра веретеновидных клеток в 3—4 раза. Встречаются овальные, округлые, вытянутые, лопастные, изрезанные и другие ядра. По структуре среди ядер можно различить два типа. К первому типу относятся ядра, имеющие 1—2 крупных ядрышка и зерна ДНК (при реакции Фельгена), расположенные около ядерной оболочки и около ядрышка. Ко второму типу относятся ядра, имеющие несколько мелких ядрышек и равномерно разбросанные по всему ядру крупные зерна ДНК, которые также располагаются по периферии ядра и около ядрышек. Ядрышки во всех элементах обычно очень крупные, иногда занимают до $^1/_6$ части ядер, очень богаты РНК. Локализуются они главным образом в центральной части ядра, но часто можно наблюдать непосредственный контакт ядрышка с ядерной оболоч-

кой. Фигуры митоза встречаются не часто (один митоз на 2—3 поля зрения). В гигантских клетках обычно наблюдаются различные аномалии митоза: мультиполярные и гигантские митозы, слипание хромосом, отсутствие нитей веретена и т. д. Очень часто встречаются различные формы амитотического деления ядер, фрагментации. Амитоз может идти путем бисквитообразного перешнуровывания, путем поперечного и продольного расщепления ядер, путем отпочковывания от крупных ядер более мелких округлых фрагментов. Часто можно наблюдать, что образование борозд в ядре при фрагментации происходит в непосредственном контакте с веществом ядрышек.

Расположение волокон стромы также характерно для рабдомибластом. Тонкие пучки коллагеновых волокон часто образуют тонкую сеточку вокруг отдельных клеток; иногда же количество волокон бывает велико. Из клеток стромы встречаются мелкие веретеновидные клетки с узким, часто извитым, клеточным телом — клетки типа фибробластов. Иногда встречаются эозинофилы и нейтрофилы. По границе растущей опухоли и окружающих тканей около сосудов обнаруживается часто множество тучных клеток. Тут же можно наблюдать изменения мышечных волокон, подвергнутых инвазии со стороны опухолевых элементов. Большинство мышечных волокон подвергается атрофии, истончается и исчезает. Но часто видны и реактивные изменения в мышечных волокнах; усиливается базофилия саркоплазмы, ядра размножаются и образуют цепочки, образуются наплывы саркоплазмы, от которых отщепляются веретеновидные клетки — миобласты. Судьбу последних проследить не удалось.

На основании морфологического и гистохимического анализа экспериментально полученных рабдомибластом можно прийти к заключению, что характер структур и характер распределения таких веществ как РНК, гликоген и ДНК в опухолевых мышечных элементах иной, чем в нормальных и регенерирующих элементах поперечнополосатой мышечной ткани (7).

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
1 VII 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. И. Абрикосов, Основы общей патологической анатомии, 1949. [2] И. Беренблюм, Сборн. Успехи в изучении рака, 2, 1956. [3] Л. М. Шабад, Очерки экспериментальной онкологии, 1947. [4] J. Berenblum, Arch. Pathol., 38, 4, 233 (1944). [5] В. П. Гилёв, ДАН, 96, № 4 (1954). [6] А. И. Раков, Рабдомибластомы скелетной мускулатуры, Докторская диссертация, Л., 1944. [7] Г. Роскин, Г. Харлова, ДАН, 44, № 9 (1944).

тома (подчеркнуть), номер выпуска, страница и год (последний в круглых скобках).

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

9. На обороте рисунков должны быть указаны фамилия автора, название статьи и номер рисунка. Подписи к рисункам приводятся отдельно в конце статьи.

10. В случае представления двух или более статей одновременно необходимо указывать желательный порядок их помещения.

11. Авторы должны избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и в тексте статьи. Ввиду краткости статей выводы помещаются лишь в необходимых случаях.

12. Корректуры статей авторам, как правило, не посылаются. В случае посылки корректуры допускается лишь исправление ошибок типографии.

Корректура должна возвращаться в редакцию не позже, чем на следующий день после получения ее автором. Невозвращение корректуры в срок не приостанавливает печатания статьи.

13. Редакция выдает автору бесплатно 50 отдельных оттисков статьи.

14. В случае возвращения статьи автору для исправления или при ее сокращении датой представления считается день получения редакцией окончательного текста.

Адрес редакции: Москва, Б-64, Подсосенский пер., д. 21
Редакция журнала «Доклады Академии наук СССР»

Тел. Б 7-01-45

Цена 10 руб.

НОВЫЕ ИЗДАНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

Асатиани В. С. *Биохимическая фотометрия.* (АН СССР. АН Грузинской ССР). 1957. 835 стр. Ц. 51 р. в пер.

Астрономический ежегодник СССР на 1960 г. Тридцать девятый год издания. (Институт теоретической астрономии). 1957. 630 стр. Ц. 78 р. в пер.

Багриновский А. Д. *Электрическое моделирование рудничных вентиляционных сетей.* (Институт горного дела). 1957. 54 стр. Ц. 1 р. 75 к.

Бирман М. А. *Революционная ситуация в Болгарии в 1918—1919 гг.* (Институт славяноведения). 1957. 389 стр. Ц. 15 р. в пер.

Бондарев П. Д. *Деформации зданий в районе Воркуты, их причины и методы предотвращения.* (Институт мерзлотоведения им. В. А. Обручева). 1957. 97 стр. Ц. 3 р. 30 к.

Бродский А. И. *Химия изотопов.* (Отделение химических наук АН СССР). 1957. 595 стр. Ц. 37 р. 30 к. в пер.

Великая Октябрьская социалистическая революция. Документы и материалы. Октябрьское вооруженное восстание в Петрограде. (Институт истории. Институт марксизма-ленинизма при ЦК КПСС. Главное архивное управление). 1957. 1040 стр. Ц. 35 р. 65 к. в пер.

Великая Октябрьская социалистическая революция. Хроника событий. В четырех томах. Том I. 27 февраля — 6 мая 1917 года. (Институт истории). 1957. 740 стр. Ц. 34 р. 45 к. в пер.

Воейков А. И. *Избранные сочинения.* Под редакцией академика А. А. Григорьева. Том IV. (Институт географии). 1957. 357 стр. Ц. 21 р. 15 к. в пер.

Всеволодский-Гернгросс В. *Русский театр.* От истоков до середины XVIII в. (Институт истории искусств). 1957. 261 стр. Ц. 11 р. 60 к. в пер.

Вычислительная математика. Сборник 2. (Вычислительный центр АН СССР). 1957. 177 стр. Ц. 10 р. 20 к.

Гапоненко Л. С. *Великая Октябрьская социалистическая революция.* Краткий исторический очерк. (Научно-популярная серия). 1957. 175 стр. Ц. 2 р. 50 к.

Гвай И. И. *К. Э. Циолковский о круговороте энергии.* 1957. 77 стр. Ц. 2 р. 10 к.

Глаголева А. П. *Олонецкие заводы в первой четверти XVIII века.* (Институт истории). 1957. 254 стр. Ц. 9 р. 15 к.

Голубев А. В. *Дистанционные измерения температуры, пучения и напряжения термически деятельного слоя грунта.* (Институт мерзлотоведения им. В. А. Обручева. Воркутская научно-исследовательская мерзлотная станция). 1957. 83 стр. Ц. 4 р. 30 к.

КНИГИ ПРОДАЮТСЯ В МАГАЗИНАХ «АКАДЕМКНИГА»

Москва, ул. Горького, 6; Ленинград, Литейный проспект, 57; Свердловск, ул. Белинского, 71-в; Ташкент, ул. Карла Маркса, 29; Киев, ул. Ленина, 42; Алма-Ата, ул. Фурманова, 129; Харьков, Горяиновский пер., 4/6. Баку, ул. Джапаридзе, 13.

ИНОГОРОДНИМ ЗАКАЗЧИКАМ КНИГИ ВЫСЫЛАЮТСЯ ПО ПОЧТЕ НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ

Заказы направлять в контору «Академкнига»

Москва, К-12, ул. Куйбышева, 8, а также в ближайший из указанных магазинов